

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»



**ВЕСТНИК
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**PROCEEDINGS
OF THE VORONEZH STATE
UNIVERSITY OF ENGINEERING
TECHNOLOGIES**

2018, Том. 80, № 2

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**ОСНОВАН В 1938 ГОДУ
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД**

**Воронеж
2018**

**Журнал включен в перечень изданий, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией
Министерства образования и науки Российской Федерации
для опубликования диссертационных исследований**

Письмо о Перечне рецензируемых научных изданий от 01.12.2015 г. № 13-6518 (<http://goo.gl/VX8jf5>)

Материалы журнала размещаются в

БД РИНЦ (www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32905) л/д №6-01/2014 от 22.01.14г
БД AGRIS [ФАО ООН] (<http://agris.fao.org>) – выборочно,
ЭБС Лань (<https://e.lanbook.com/journal/2217>) л/д №09/09 от 09.09.13г
ЭБС IPRbooks л/д №894/15 от 20.11.15г
ЭБ КиберЛенинка (<https://goo.gl/xNY2jK>) л/д №56/31604-01 от 27.09.16г
БД ВИНТИ РАН
НИС Соционет (<https://socionet.ru/collection.xml?h=spz:neicon:vestnik-vsuet>)
БД Directory of Open Access Journals (DOAJ) (<https://goo.gl/Gldy7L>)
БД Open Access scholarly Resources (ROAD) (<https://goo.gl/HQEuOJ>)
The European Library (TEL) (<http://www.theeuropeanlibrary.org/tel4/search?query=2226-910X>)
БД AcademicKeys (<https://goo.gl/7f7nRO>)
Research Bible (<http://journalseeker.researchbib.com/view/issn/2226-910X>)
БД EBSCO Publishing (<http://search.ebscohost.com>)

В журнале представлены статьи по следующим научным специальностям:

- 05.18.00** – Технология продовольственных товаров;
- 05.13.00** – Информатика, вычислительная техника;
- 05.17.00** – Химическая технология;
- 08.00.00** – Экономические науки

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Председатель (Главный редактор):

ЧЕРТОВ ЕВГЕНИЙ ДМИТРИЕВИЧ доктор технических наук, профессор, ректор, зав. кафедрой технической механики, почетный работник высшего профессионального образования РФ, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

Заместитель председателя (Зам. главного редактора):

АНТИПОВ СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заслуженный изобретатель РФ, проректор по научной и инновационной деятельности, зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

Chairman (Editor-in-chief):

CHERTOV EVGENY D. Doctor of Technical Sciences, Professor, Rector, Head of the Department of Technical Mechanics, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia)

Vice-chairman:

ANTIPOV SERGEY T. Doctor of Technical Sciences, professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, Vice Rector for scientific and innovative activity, Head of the Department of machines and equipment for the food industry, Voronezh state university of engineering technologies (Voronezh, Russia)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ РУБРИК

Процессы и аппараты пищевых производств

ОСТРИКОВ АЛЕКСАНДР НИКОЛАЕВИЧ (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АЛЕКСЕЕВ ГЕННАДИЙ ВАЛЕНТИНОВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики. (г. Санкт-Петербург, Россия)

АНТИПОВ СЕРГЕЙ ТИХОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, заслуженный изобретатель РФ, проректор по научной и инновационной деятельности; зав. кафедрой машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БРЕДИХИН СЕРГЕЙ АЛЕКСЕЕВИЧ доктор технических наук, профессор, кафедра процессы и аппараты перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет - Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

ВАСИЛЕНКО ВИТАЛИЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, декан технологического факультета, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

OSTRIKOV ALEKSANDR NIKOLAEVICH doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Head of Department Technology of fats, processes and equipment of chemical and food production, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ALEKSEEV GENNADY VALENTINOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Fats, Processes and Apparatuses for Chemical and Food Production, St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics. (Saint-Petersburg, Russia)

ANTIPOV SERGEI TIKHONOVICH Honored Inventor of the Russian Federation, Doctor of Technical. Sciences, Professor, Honorary Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, honored inventor of the Russian Federation, Vice Rector for scientific and innovative activity, Head of the Department of machines and equipment for the food industry, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BREDIKHIN SERGEY ALEKSEEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Processes and Apparatuses of Processing Industries, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after them. K.A. Timiryazev (Moscow, Russia)

VASILENKO VITALII NIKOLAEVICH doctor of Technical Sciences, prof., Professor of the Department of Fats technology, processes and apparatuses of chemical and food industries, the Dean of the Technology Faculty, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ДРАННИКОВ АЛЕКСЕЙ ВИКТОРОВИЧ доктор технических наук, доцент, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, декан факультета пищевых машин и автоматов, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АХМЕДОВ МАГОМЕД ЭМИНОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой товароведения и экспертизы, Дагестанский государственный технический университет (Махачкала, Россия)

ПАНФИЛОВ ВИКТОР АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, почетный работник высшего профессионального образования РФ, профессор кафедры процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева (Москва, Россия)

ШЕВЦОВ АЛЕКСАНДР АНАТОЛЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, заслуженный изобретатель РФ, профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия)

ПРЕЙС ВЛАДИМИР ВИКТОРОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологические системы пищевых, полиграфических и упаковочных производств Тульский государственный университет, Политехнический институт, (Тула, Россия)

МАКСИМЕНКО ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор технических наук, доцент, доцент кафедры технологические машины и оборудование, Астраханский государственный технический университет (Астрахань, Россия)

DRANNIKOV ALEKSEJ VIKTOROVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Machines and Apparatuses of Food Production, Dean of the Faculty of Food Machines and Automata, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

AHMEDOV MAGOMED EMINOVICH doctor of technical sciences, professor, head. Department of Commodity Science and Expertise, Dagestan State Technical University (Makhachkala, Russia)

PANFILOV VIKTOR ALEKSANDROVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of RAS, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Honored Worker of Higher Professional Education of the Russian Federation, Professor of the Department Processes and Apparatuses of Processing Industries, Russian State Agrarian University -Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev (Moscow, Russia)

SHEVTCOV ALEKSANDR ANATOLEVICH doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Inventor of the Russian Federation, Professor of General Professional Disciplines, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia)

PRICE VLADIMIR VIKTOROVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technological Systems of Food, Printing and Packaging Production Tula State University, Polytechnic Institute, (Tula, Russia)

MAKSIMENKO YURI ALEKSANDROVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technological Machines and Equipment, Astrakhan State Technical University (Astrakhan, Russia)

Информационные технологии, моделирование и управление

БИТЮКОВ ВИТАЛИЙ КСЕНОФОНТОВИЧ (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БУГАЕВ ЮРИЙ ВЛАДИМИРОВИЧ доктор физико-математических наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий моделирования и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ВИНЧЕНЦО СТОРНЕЛЛИ профессор, профессор кафедры электроники, Университет Л'Аквила (Аквила, Италия)

КУЗЬМИЦКИЙ ИОСИФ ФЕЛИЦИАНОВИЧ кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники, Белорусский государственный технологический университет (Минск, Беларусь)

МАТВЕЙКИН ВАЛЕРИЙ ГРИГОРЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, зам. генерального директора ОАО «Корпорация «Росхимзащита», профессор кафедры информационных процессов и управления Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

МЕНЬШУТИНА НАТАЛЬЯ ВАСИЛЬЕВНА доктор технических наук, профессор, профессор кафедры кибернетика химико-технологических процессов Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева (Москва, Россия)

МУРОМЦЕВ ДМИТРИЙ ЮРЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, проректор по научно-инновационной деятельности, профессор кафедры конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем Тамбовский государственный технический университет (Тамбов, Россия)

СКРЫПНИКОВ АЛЕКСЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой информационной безопасности, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

BITIUKOV VITALII KSENOFONTOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of Russia, Professor of the Department of Information and Control Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BUGAEV IURIJ VLADIMIROVICH doctor of Physical and Mathematical Sciences, prof., Professor of the Department of Information Technologies of Modeling and Management, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

VINCENZO STORNELLI Professor, Professor of the Department of Electronics, University of L'Aquila (L'Aquila, Italy)

KUZMITCKII IOSIF FELICIANOVICH Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of automation of industrial processes and electrical engineering, Belarusian State Technological University (Minsk, Belarus)

MATVEYKIN VALERIY GRIGORYEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy. General Director, Roskhimzashchita Corporation, Professor, Department of Information Processes and Management, Tambov State Technical University (Tambov, Russia) h-index = 6

MENSHUTINA NATALYA VASILIEVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Cybernetics of Chemical Engineering Processes The Russian Chemical and Technological University

MUROMTSEV DMITRY YURYEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Scientific and Innovation Activities, Professor of the Department of Design of Radioelectronic and Microprocessor Systems Tambov State Technical University (Tambov, Russia)

SKRYPNIKOV ALEKSEJ VASILEVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Security, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ТИХОМИРОВ SERGEI GERMANOVICH doctor of Technical Sciences, prof., Professor of the Department of Information and Control Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ТИХОМИРОВ СЕРГЕЙ GERMANOVICH доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ХАУСТОВ ИГОРЬ АНАТОЛЬЕВИЧ доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ХВОСТОВ АНАТОЛИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры общепрофессиональных дисциплин, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия)

KHAUSTOV IGOR ANATOLEVICH Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Information and Control Systems, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

KHVOSTOV ANATOLI ANATOLEVICH doctor of Technical Sciences, professor, Professor of General Professional Disciplines, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia)

Пищевая биотехнология

АНТИПОВА ЛЮДМИЛА ВАСИЛЬЕВНА (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АГАФОНОВ ГЕННАДИЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

АКСЕНОВА ЛАРИСА МИХАЙЛОВНА доктор технических наук, профессор, академик РАН, главный научный сотрудник ВНИИ кондитерской промышленности (Москва, Россия)

ВИКТОРОВА ЕЛЕНА ПАВЛОВНА доктор технических наук, профессор, заместитель директора по научной и инновационной деятельности Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции (Краснодар, Россия)

ГОЛУБЕВА ЛЮБОВЬ ВЛАДИМИРОВНА доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ДОНЧЕНКО ЛЮДМИЛА ВЛАДИМИРОВНА доктор технических наук, профессор, профессор ВАК, профессор кафедры технологии хранения и переработки растениеводческой продукции, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина (Краснодар, Россия)

КУЛЬНЕВА НАДЕЖДА ГРИГОРЬЕВНА доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ПОЛЯКОВ ВИКТОР АНТОНОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор ФГБУН ВНИИ Пищевой биотехнологии (Москва, Россия)

ИЗТАЕВ АУЕЛБЕК доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии хлебопродуктов и перерабатывающих производств, директор НИИ пищевых технологий, Алматинский Технологический Университет (Алматы, Казахстан)

ЛИСИЦЫН АНДРЕЙ БОРИСОВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, лауреат Государственной премии РФ, директор ФГБНУ "ВНИИМП им. В.М. Горбатова" (Москва, Россия)

МАГОМЕДОВ ГАЗИБЕГ ОМАРОВИЧ доктор технических наук, профессор, почетный работник высшего профессионального образования РФ, зав. кафедрой технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ПЕТРОВ АНДРЕЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор технических наук, профессор, академик РАН, директор ФГБНУ ВНИИ Технологии консервирования (Видное, Московская обл., Россия)

ANTIPOVA LYUDMILA VASILEVNA doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Professor of the Department of technology of animal origin products, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

AGAFONOV GENNADI VIACHESLAVOVICH doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department of Technology of fermentation and sugar industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

AKSENOVA LARISA M. Doctor of Technical Sciences, professor, Academician-secretary of the Russian Academy of Agricultural Sciences, Chief research officer at the Research Institute of Confectionery Industry (Moscow, Russia)

VICTOROVA ELENA PAVLOVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific and Innovation Activities North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture and Wine, Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products (Krasnodar, Russia)

GOLUBEVA LYUBOV VLADIMIROVNA doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Higher School of Russia, Professor of the Department of technology of animal origin products, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

DONCHENKO LYUDMILA VLADIMIROVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of VAK, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Plant Production, Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina (Krasnodar, Russia)

KULNEVA NADEZHDA GRIGOREVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of fermentation and sugar industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

POLYAKOV VIKTOR ANTONOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the All-Russian Research Institute of Food Biotechnology (Moscow, Russia)

IZTAEV AUELBEK Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of bakeries and processing industries, director of the Research Institute of Food Technologies, Almaty Technological University (Almaty, Kazakhstan)

LISITSYN ANDREI B. Doctor Of Technical Sciences, Professor, Academician Of The Russian Academy Of Sciences, Laureate Of The State Prize Of The Russian Federation, Director Of The All-Russian Research Institute Of Meat Industry Named After V. M. Gorbатов. (Moscow, Russia)

MAGOMEDOV GAZIBEG OMAROVICH doctor of Technical Sciences, prof., Honored Worker of Higher Professional Education of the Russia, Head of the Department of Technology of bakery, confectionery, pasta and grain-processing industries, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

PETROV ANREJ NIKOLAEVICH Doctor of Technical Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Director of the All-Russian Scientific Research Institute of Preserving Technology (Vidnoe, Moscow Region, Russia)

РОДИОНОВА НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой сервиса и ресторанный бизнеса, декан факультета экономики и управления, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ХАТКО ЗУРЕТ НУРБИЕВНА доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции, Майкопский государственный технологический университет, (Майкоп, Россия)

RODIONOVA NATALIA SERGEEVNA Doctor of Technical Science, Prof., Head of the Department of service and restaurant business, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

KHATKO ZURET NURBIEVNA Doctor of Technical Sciences, associate professor, Head of the department of manufacturing technology and processing of agricultural products, Maikop State Technological University, (Maikop, Russia)

Химическая технология

КАРМАНОВА ОЛЬГА ВИКТОРОВНА (гл. ред.) доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ВАНИЕВ МАРАТ АБДУРАХМАНОВИЧ доктор технических наук, доцент, зав. кафедрой химия и технология переработки эластомеров, Волгоградский государственный технический университет, кафедра химия и технология переработки эластомеров (Волгоград, Россия)

ДОРМЕКШИН ОЛЕГ БОРИСОВИЧ доктор технических наук, профессор, лауреат Премии Национальной академии наук Беларуси, отличник народного образования Республики Беларусь, проректор по научной работе, зав. кафедрой технологии неорганических веществ и общей химической технологии, Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (Минск, Беларусь)

КУЧМЕНКО ТАТЬЯНА АНАТОЛЬЕВНА доктор химических наук, профессор, профессор РАН, зав. кафедрой физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ЛЮСОВА ЛЮДМИЛА РОМУАЛЬДОВНА доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой химии и технологии переработки эластомеров имени Ф.Ф. Кошелева, Московский технологический университет МИРЭА, Московский государственный университет тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова (Москва, Россия)

МОКШИНА НАДЕЖДА ЯКОВЛЕВНА доктор химических наук, доцент, доцент кафедры физики и химии, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (Воронеж, Россия)

НИКУЛИН СЕРГЕЙ САВВОИЧ доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ПРОКОПЧУК НИКОЛАЙ РОМАНОВИЧ доктор химических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, зав. кафедрой технологии нефтехимического синтеза и переработки полимеров, Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет" (Минск, Беларусь)

ПУГАЧЕВА ИННА НИКОЛАЕВНА доктор технических наук, доцент, профессор кафедры инженерной экологии, декан факультета экологии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

СУХАНОВ ПАВЕЛ ТИХОНОВИЧ доктор химических наук, профессор, проректор по учебной работе, профессор кафедры физической и аналитической химии, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ФРАНЧЕСКО ВЕЛЬО профессор, профессор кафедры теории развития химических процессов, Университет Л'Аквила (Аквила, Италия)

KARMANOVA OLGA VIKTOROVNA doctor of Technical Sciences, prof., Head of the Department of Chemistry and Chemical Technology of organic compounds and Polymers processing, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

VANIEV MARAT ABDURAKHMANOVICH Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head. Department of Chemistry and Technology of Elastomer Processing, Volgograd State Technical University, Department of Chemistry and Technology of Elastomer Processing (Volgograd, Russia)

DORMEKSHIN OLEG BORISOVICH Doctor of Technical Sciences, Professor, Laureate of the National Academy of Sciences of Belarus, Excellence in Public Education of the Republic of Belarus, Vice Rector for Research, head of the department of technology of inorganic substances and general chemical technology, Educational Establishment "Belarusian State Technological University" (Minsk, Belarus)

KUCHMENKO TATIANA ANATOLEVNA doctor of Chemical Sciences, Prof., Head of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

LYUSOVA LYUDMILA ROMUALDOVNA Doctor of Technical Sciences, Professor, Head. Department of Chemistry and Technology of Elastomers Processing named after F.F. Kosheleva, Moscow Technological University MIREA, Moscow State University of Fine Chemical Technologies. M.V. Lomonosov Moscow State University (Moscow, Russia)

MOKSHINA NADEZHDA IAKOVLEVNA doctor of Chemical Sciences, associate professor, Associate professor of the Department of Physics and Chemistry, Air Force Academy named after Prof. N. E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin (Voronezh, Russia)

NIKULIN SERGEI SAVVOVICH doctor of Technical Sciences, prof., Professor of the Department of Technology of Organic Synthesis and macromolecular compounds, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

PROKOPCHUK NIKOLAI ROMANOVICH Doctor of Chemical Sciences, Professor corresponding member of National Academy of Sciences of Belarus, Head of the department of Technology of petrochemical synthesis and polymers processing, Educational Establishment "Belarusian State Technological University" (Minsk, Belarus)

PUGACHEVA INNA NIKOLAEVNA doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Environmental Engineering, Dean of the Faculty of Ecology and Chemical Technology, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

SUKHANOV PAVEL TIKHONOVICH doctor of Chemical Sciences, Professor, Vice-Rector for Academic Affairs; Professor of the Department of Physical and Analytical Chemistry, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

FRANCESCO VEGLIO Professor, Professor of the Department of Theory of Chemical Processes development, University of L'Aquila, (L'Aquila, Italy)

Экономика и управление

ХОРЕВ АЛЕКСАНДР ИВАНОВИЧ (гл. ред.) доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БАЛЫХИН МИХАИЛ ГРИГОРЬЕВИЧ доктор экономических наук, доцент, и.о. ректора, Московский государственный университет пищевых производств (Москва, Россия)

БЕЛЯЕВА ГАЛИНА ВИКТОРОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой бухгалтерского учета и бюджетирования, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

БОГОМОЛОВА ИРИНА ПЕТРОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ВОРОНИН ВАЛЕРИЙ ПАВЛОВИЧ доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры теории экономики, товароведения и торговли, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

ЗАКШЕВСКИЙ ВАСИЛИЙ ГЕОРГИЕВИЧ доктор экономических наук, профессор, академик РАН, почетный работник агропромышленного комплекса России, директор ФГБУ НИИЭОАПК ЦЧР России (Воронеж, Россия)

МЕРЗЛИКИНА ГАЛИНА СТЕПАНОВНА доктор экономических наук, профессор, зав. кафедрой экономики и управления, Волгоградский государственный технический университет (Волгоград, Россия)

МИТЯКОВ СЕРГЕЙ НИКОЛАЕВИЧ доктор физико-математических наук, профессор, директор института экономики и управления, Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (Ниžний Новгород, Россия)

МОРКОВИНА СВЕТЛАНА СЕРГЕЕВНА доктор экономических наук, профессор, проректор по науке и инновациям профессор кафедры Менеджмента и экономики предпринимательства, Кафедра экономики и финансов Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова (Воронеж, Россия)

САЛИКОВ ЮРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий (Воронеж, Россия)

СИБИРСКАЯ ЕЛЕНА ВИКТОРОВНА доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры статистики, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова (Москва, Россия)

СОЛОПОВ ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ доктор экономических наук, профессор, проректор по научной и инновационной работе Мичуринский государственный аграрный университет (Мичуринск, Россия)

KHOREV ALEKSANDR IVANOVICH Doctor of Economic Science, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, Head of the Department of economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BALYKHIN MIKHAIL GRIGORYEVICH doctor of economic sciences, associate professor, acting. Rector, Moscow State University of Food Production (Moscow, Russia)

BELIAEVA GALINA VIKTOROVNA Doctor of Economic Science, Professor, Head of the Department of Accounting and budgeting, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

BOGOMOLOVA IRINA PETROVNA Doctor of Economic Science, Professor, Head of the Department of management, organization of manufacture and branch economy, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

VORONIN VALERII PAVLOVICH Doctor of Economic Science, Professor, Professor of the Department of Economics Theory, commodity research and commerce, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

ZAKSHEVSKY VASILY GEORGIEVICH Doctor of Economics, Professor, Academician of the RAS, Honorary Worker of the Russian Agroindustrial Complex, Director of the "Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation" (Voronezh, Russia)

MERZLIKINA GALINA STEPANOVNA Doctor of economic sciences, professor, head. Department of Economics and Management, Volgograd State Technical University (Volgograd, Russia)

MITYAKOV SERGEY NIKOLAEVICH Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Director of the Institute of Economics and Management, Nizhny Novgorod State Technical University them. R.E. Alekseeva (Nizhny Novgorod, Russia)

MORKOVINA SVETLANA SERGEYEVNA Doctor of Economics, Professor, Vice-Rector for Science and Innovations, Professor of the Department of Management and Economics of Entrepreneurship, Department of Economics and Finance Voronezh State Forestry University. G.F. Morozova (Voronezh, Russia)

SALIKOV IURII ALEKSANDROVICH Doctor of Economic Science, Professor, Professor of the Department of economic security and financial monitoring, Voronezh State University of Engineering Technologies (Voronezh, Russia)

SIBIRSKAYA ELENA VIKTOROVNA Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Statistics, Russian Economic University. G.V. Plekhanov (Moscow, Russia)

SOLOPOV VLADIMIR ALEKSEEVICH Doctor of Economics, Professor, Pro-Rector for Scientific and Innovation Work Michurinsky State Agrarian University (Michurinsk, Russia)

Официальный сайт «Вестник ВГУИТ» www.vestnik-vsuet.ru

Подписной индекс издания в агентстве "Роспечать" 70927

Ответственный секретарь: ДЕРКАНОСОВА А.А. (эл. почта: post@vestnik-vsuet.ru)

Учредитель: ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций: Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-56830 от 29 января 2014 г.

Адрес университета, редакции, издательства и отдела полиграфии ФГБОУ ВО «ВГУИТ»

394036, Воронеж, пр. Революции д.19 ауд.11

тел./факс: (473) 255-37-16

E-mail: post@vestnik-vsuet.ru

Сдано в набор 11.06.2018. Подписано в печать 25.06.2018

Выход в свет: 29.06.2018

Формат 70×100 1/8.

Усл. печ. л. 62,5 Тираж 1500 экз. Заказ.

Цена – свободная.

© ФГБОУ ВО
«Воронеж. гос. ун-т инж.
технол.», 2018

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

- Antipov S.T., Ovsyannikov V.Yu., Korchinskii A.A.** Study of the cattle blood concentrating
- Shitshatskii Yu.I., Barbashin A.M., Nikel' S.A.** Mathematical model of movement of a single spherical lupine particle in the extractor using low-frequency mechanical vibrations
- Ostrikov A.N., Terekhina A.V.** Structural design and methodology for calculating the process of obtaining creamy-vegetable spreads
- Gribova N.A., Berketova L.V.** Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters
- Rusanov V.V., Perov V.I., Samoilov M.A.** Automation of public catering enterprises using modern digital technologies: Arduino IDE, OPC Modbus and Master Scada programs
- Lazarev S.I., Kovaleva O.A., Shestakov K.V., Polyanskii K.K.,** Features of ultrafiltration purification of industrial solutions of starch and treacle production
- Glagoleva L.E., Zatsepilina N.P., Kopylov M.V., Nesterenko I.V.** Calculation of the process duration of thermo-moisture treatment of semi-finished products based on animal and vegetable raw materials
- Gukasyan A.V.** Model of layered flow of viscous-plastic Bingham fluid in the extruder channel
- Gerasimov T.V., Taleysnik M.A., Shcherbakova N.A., Svyatoslavova I.M.** Theoretical background the control technology of flour confectionery products and their practical implementation
- Davydov A.M., Davydov D.M., Kirpichnikov V.P., Davydova E.A.** Analysis and justification of the main parameters of the coolant for the convection apparatus

INFORMATION TECHNOLOGIES, MODELLING AND CONTROL

- Bugaev Yu.V., Chikunov S.V.** Power estimation of the full set of alternatives to Pareto's subgraphs in a graph
- Popov A.P., Bityukov V.K., Tikhomirov S.G., Neizvestnyi O.G., Chertov E.D.** System analysis of the ethylbenzene dehydrogenation reactor as a control object
- Turovskij Ya.A., Bogtikov E.V., Tikhomirov S.G., Adamenko A.A.** Modeling the restoration of biological and biotechnical systems using hardware analog and software artificial neural networks
- Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretzky D.S., Dvoretzky S.I.** Problems of analysis, optimization and control in the separation of gas mixtures
- Kleymenova N.L., Orlovtsseva O.A., Ershov S.V., Dvoryaninova O.P.** The development of the automatic control system for the production process of the boiling of the masseculite of the first crystallization in a vacuum apparatus
- Gavrilov A.N.** Modeling of formation of carbon cluster groups in electric arc discharge plasma
- Popov M.I.** Integrating the biharmonic equation according to the implicit scheme
- Kulikov I.N., Kolesnik L.L.** Investigation of the influence of the number of modules of a multicluster technological complex and the operations performed by them on the overall performance of the installation using simulation simulations

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

- 11 Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Корчинский А.А.** Исследование концентрирования крови крупного рогатого скота
- 18 Шишацкий Ю.И., Барбашин А.М., Никель С.А.** Математическая модель движения одиночной сферической частицы люпина в экстракторе с помощью низкочастотных механических колебаний
- 23 Остриков А.Н., Терехина А.В.** Конструктивное оформление и методика расчета процесса получения сливочно-растительных спредов
- 30 Грибова Н.А., Беркетова Л.В.** Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса
- 38 Русанов В.В., Перов В.И., Самойлов М.А.** Автоматизация предприятий общественного питания с использованием современных цифровых технологий: программ Arduino IDE, OPC Modbus и Master Scada
- 45 Лазарев С.И., Ковалева О.А., Шестаков К.В., Полянский К.К.** Особенности ультрафильтрационной очистки промышленных растворов крахмало-паточного производства
- 51 Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Копылов М.В., Нестеренко И.В.** Расчет продолжительности процесса термовлажностной обработки полуфабрикатов на основе животного и растительного сырья
- 58 Гукасян А.В.** Модель слоистого течения вязкопластичной Бингамовской жидкости в канале экструдера
- 64 Герасимов Т.В., Талейсник М.А., Щербакова Н.А., Святославова И.М.** Теоретические предпосылки управления технологией мучных кондитерских изделий и их практическая реализация
- 68 Давыдов А.М., Давыдов Д.М., Кирпичников В.П., Давыдова Е.А.** Анализ и обоснование основных параметров теплоносителя для конвективного аппарата

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

- 73 Бугаев Ю.В., Чикунов С.В.** Оценка мощности полного множества альтернатив паретовских подграфов в графе
- 77 Попов А.П., Битюков В.К., Тихомиров С.Г., Неизвестный О.Г., Чертов Е.Д.** Системный анализ реактора дегидрирования этилбензола как объекта управления
- 86 Туровский Я.А., Богатиков Е.В., Тихомиров С.Г., Адаменко А.А.** Моделирование восстановления биологических и биотехнических систем с использованием аппаратной аналоговой и программной искусственных нейронных сетей
- 93 Акулинин Е.И., Голубятников О.О., Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И.** Задачи анализа, оптимизации и управления при разделении газовых смесей
- 101 Клейменова Н.Л., Орловцева О.А., Ершов С.В., Дворянинова О.П.** Разработка системы автоматического управления производственным процессом уваривания утфеля I кристаллизации в вакуум-аппарате
- 108 Гаврилов А.Н.** Моделирование формирования кластерных групп углерода в плазме электродугового разряда
- 114 Попов М.И.** Интегрирование бигармонического уравнения по неявной схеме
- 119 Куликов И.Н., Колесник Л.Л.** Исследование влияния количества модулей многокластерного технологического комплекса и выполняемые ими операции на общую производительность установки с использованием имитационного моделирования

Dvoryaninova O.P., Sokolov A.V. Simulation of drying process of secondary products of fish cutting and description of the main processes of heat and moisture transfer in the model
Krivogina D.N. Design of production of the range of construction materials on the basis of methods of the system analysis

FOOD BIOTECHNOLOGY

Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Kaigorodtseva M.S., Evgrafov A.A. The formation of quality and antioxidant properties of bakery products with cloudberry powder
Novikova I.V., Rukavitsyn P.V., Muravev A.S. Review: dry hopping in brewing
Rodionova N.S., Shetilina I.P., Rodionova N.A. Assessment of marketing potential of synbiotic products with bioactive plant components
Tkeshelashvili M.E., Bobojonov G.A., Magomedov G.O., Magomedov M.G. Improving the technology of whipped sweets using high whip egg white powder
Tefikova S.N., Nikitin I.A., Kondratiev N.B., Semenkina N.G. Expansion of the assortment of jelly shaped marmalade based on vegetable puree
Meledina T.V., Ivanova V.A., Razan H., Grokhovskiy O.V., Novikova I.V., Korostelev A.V. Influence of the parameters processes of cultivation of yeast *Saccharomyces cerevisiae* in simple periodic culture on the yield and biosynthesis of some cellular components
Shentsova E.S., Lytkina L.I., Vostroilov A.V., Kurchaeva E.E. Technological properties of amaranth cake as a component of mixed fodders
Shishkina D.I., Sokolov A.Yu. Analysis of foreign technologies for the functional meat products
Nazarova V.V., Bondarenko I.B., Zhdanova O.L. Rapid method for wheat flour aging
Kulneva N.G., Bolotov V.M., Biraro G.E. Analysis of yellow sugar coloring substances from sugar beet production
Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A., Romashova V.B. Efficiency of beet processing of low quality
Tiunov V.M., Chugunova O.V., Grashchenkov D.V. Features of the development of diets for preschool children in celiac patients
Chaldaev P.A., Kashaev A.G., Leuchev A.E., Malyshev S.S. Influence of the type of yeast on quality of cider material
Koshevoi T.P., Gukasyan A.V., Kosachev V.S. "Green" technologies with use of carbon dioxide in the food industry
Aleksashina S.A., Makarova N.V., Demenina L.G., Antipenko M.I. Berries and large fruits of the Samara region harvest 2016 year of the collection of the research institute «Zhigulevsky garden» as a perspective raw material in the food industry
Alieva A.K., Barbashenoa E.O. Commodity characteristics and quality assessment of green tea sold in retail chains of St. Petersburg
Shishlova E.S., Posokina N.E., Lyalina O.Yu. The basics of fermenting white cabbage
Valiulina D.F., Makarova N.V., Budylin D.V. Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant properties of different types of tea as a raw material for the production of tea extracts
Nikitina M.A., Pchelkina V.A., Kuznetsova O.A. Technological solutions for intelligent data processing in the food industry

125 Дворянинова О.П., Соколов А.В. Моделирование процесса сушки вторичных продуктов разделки рыб и описание в модели основных процессов тепло- и влагопереноса
130 Кривогина Д.Н. Проектирование производства ассортимента строительных материалов на основе методов системного анализа

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

138 Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Кайгородцева М.С., Евграфов А.А. Формирование качества и антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий с порошком морошки
144 Новикова И.В., Рукавицын П.В., Муравьев А.С. Обзор: сухое охмеление в пивоварении
150 Родионова Н.С., Щетилина И.П., Родионова Н.А. Оценка маркетингового потенциала синбиотических продуктов с биоактивными растительными компонентами
158 Ткешелашвили М.Е., Бобождонова Г.А., Магомедов Г.О., Магомедов М.Г. Совершенствование технологии сбивных конфет с применением белка повышенной взбиваемости
165 Тефикова С.Н., Никитин И.А., Кондратьев Н.Б., Семенкина Н.Г. Расширение ассортимента желеинового формового мармелада на основе овощного пюре
175 Меледина Т.В., Иванова В.А., Разан Х., Головинская О.В., Новикова И.В., Коростелев А.В. Влияние параметров процесса культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в простой периодической культуре на выход биомассы и биосинтез некоторых клеточных компонентов
182 Шенцова Е.С., Лыткина Л.И., Востроилов А.В., Курчаева Е.Е. Технологические свойства жмыха амаранта как компонента комбикормов
189 Шишкина Д.И., Соколов А.Ю. Анализ зарубежных технологий мясных продуктов функционального назначения
195 Назарова В.В., Бондаренко И.Б., Жданова О.Л. Экспрессная методика созревания муки
200 Кульнева Н.Г., Болотов В.М., Гебре Г.Э. Анализ красящих веществ желтых сахаров свеклосахарного производства
206 Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А., Ромашова В.Б. Эффективность переработки свеклы пониженного качества
211 Тиунов В.М., Чугунова О.В., Гращенко Д.В. Особенности разработки рационов питания для детей дошкольного возраста больных целиакией
220 Чалдаев П.А., Кашаев А.Г., Леучев А.Е., Малышкин С.С. Влияние вида дрожжей на качество сидрового материала
225 Кошевой Е.П., Гукасян А.В., Косачев В.С. «Зеленые» технологии с применением двуокси углерода в пищевой промышленности
229 Алексашина С.А., Макарова Н.В., Деменина Л.Г., Антипенко М.И. Ягоды и косточковые плоды Самарского региона урожая 2016 года из коллекции НИИ «Жигулевские сады», как перспективное сырье в пищевой промышленности
236 Алиева А.К., Барбашенова Е.О. Товароведная характеристика и оценка качества зеленого чая реализуемого в торговых сетях Санкт-Петербурга
242 Шишлова Е.С., Посокина Н.Е., Лялина О.Ю. Основы ферментирования белокочанной капусты
249 Валиулина Д.Ф., Макарова Н.В., Бudyлин Д.В. Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств разных видов чая как исходного сырья для производства чайных экстрактов
256 Никитина М.А., Пчелкина В.А., Кузнецова О.А. Технологические решения интеллектуальной обработки данных в пищевой промышленности

CHEMICAL TECHNOLOGY

- Musina G.Sh., Linkova T.S., Khabibrakhmanova O.V.** 264 Development of high-tech production of high-octane components of motor fuel from renewable vegetable raw materials
- Djimasbe R., Ivanov V.B., Kemalov A.F., Kemalov R.A., Valeev T.F., Nerobov N.** 270 Research of the technology for the production of modified sulfur bituminous binders
- Shumkova I.N., Linkova T.S., Zemsky D.N., Khabibrakhmanova O.V.** 275 Obtaining formaldehyde on a new catalytic system
- Sumskoy D.A.** 283 Heat-insulating mortar based on composite binder
- Flyagin A.S., Vorsin V.A., Ufimtsev V.M.** 290 Production and application in industrial conditions of non-explosive destructive mixtures
- Kadykova Yu.A., Bredihin P.A., Arzamastsev S.V., Kalganova S.G.** 297 Complex-modified basalt plastics
- Shcherbina N.A., Taganova V.A., Bychkova E.V., Pichkidze S.Y.** 302 The study of the structure and properties of nanostructured biodegradable thermoplastic composite
- Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V., Mironova A.A.** 307 Using of fluorinated aluminum silicate in the process coloring of textile materials with pigments
- Zaporozhets E.P., Shostak N.A.** 313 Mathematical modeling of some features of gas hydrates dissociation
- Saranov I.A., Kuznetsov I.A., Kuznetsova I.V., Magomedov G.O.** 323 Investigation of melting and crystallization processes of fat components of praline masses

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- Dashkova E.S., Dorokhova N.V.** 328 Experience in building and managing a labor protection system in a health care institution
- Gavrilova Z.V., Ryzhkova S.A.** 335 Evaluation of the state support effectiveness in the agricultural organizations of the Voronezh region
- Zaporozhtseva L.A., Marysheva Yu.V., Tkacheva Yu.V.** 343 The formation of the economic mechanism of stabilization of enterprise's activity
- Sarunova M.P., Burlutkin T.V., Sandzhieva T.Z.** 351 Analysis of the organizations accounts payable of the Kalmykia Republic
- Alehin S.N., Levacheva D.A.** 358 Evolution of the mechanism of recovery by enforcement of debt to the budget
- Kozlobaeva E.A., Glotova I.A., Iablonovskaia S.I., Litovkin A.N.** 366 Innovation as a factor of competitiveness of agricultural enterprises
- Bogomolova I.P., Vasilenko I.N., Omelchenko O.M.** 375 Estimation of efficiency of formation of integrated formations on the basis of economic-mathematical model
- Salikov Yu.A., Chaikovskaya L.N., Pasyunkova O.M.** 382 Multilevel structure of state budgetary security provision
- Ovchinnikova T.I., Salikov Yu.A., Grigorieva V.V., Duvanova Ju. N., Chaikovskaya L.N.** 388 Agglomeration effect in the development of economic security
- Demidov P.V., Ulezko A.V.** 398 The effectiveness of the use of productive land in agriculture of the Voronezh region
- Belolipov R.P., Konovalova S.N., Zagvozkin M.V.** 407 Strategic directions of innovative and investment development of production livestock product

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Мусина Г.Ш., Линькова Т.С., Хабибрахманова О.В.** 264 Разработка высокотехнологичного производства высокооктановых компонентов моторного топлива из возобновляемого растительного сырья
- Djimasbe R., Ivanov V.B., Kemalov A.F., Kemalov R.A., Valeev T.F., Nerobov N.** 270 Research of the technology for the production of modified sulfur bituminous binders
- Шумкова И.Н., Линькова Т.С., Земский Д.Н., Хабибрахманова О.В.** 275 Получение формальдегида на новой каталитической системе
- Сумской Д.А.** 283 Теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего
- Флягин А.С., Ворсин В.А., Уфимцев В.М.** 290 Производство и применение в промышленных условиях невзрывных разрушающих смесей
- Кадыкова Ю.А., Бредихин П.А., Арзамасцев С.В., Калганова С.Г.** 297 Комплексно-модифицированные базальтопластики
- Щербина Н.А., Таганова В.А., Бычкова Е.В., Пичхидзе С.Я.** 302 Исследование структуры и свойств наноструктурированного биоразлагаемого термопластичного композита
- Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Миронова А.А.** 307 Возможности применения фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами
- Запорожец Е.П., Шостак Н.А.** 313 Математическое моделирование некоторых особенностей диссоциации газовых гидратов
- Саранов И.А., Кузнецов И.А., Кузнецова И.В., Магомедов Г.О.** 323 Исследование процессов плавления и кристаллизации жировых компонентов пралиновых масс

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- Дашкова Е.С., Дорохова Н.В.** 328 Опыт построения и управления системой охраны труда в учреждении здравоохранения
- Гаврилова З.В., Рыжкова С.А.** 335 Оценка эффективности государственной поддержки в сельскохозяйственных организациях Воронежской области
- Пашута А.О., Котелевская Н.К.** 343 Повышение эффективности земельных отношений как один из факторов развития агропромышленного комплекса
- Сарунова М.П., Бурлуткин Т.В., Санджиева Т.З.** 351 Анализ кредиторской задолженности организаций Республики Калмыкия
- Алехин С.Н., Левачева Д.А.** 358 Эволюция механизма принудительного взыскания задолженности перед бюджетом
- Козлова Е.А., Глотова И.А., Яблоновская С.И., Литовкин А.Н.** 366 Инновации как фактор конкурентоспособности агропромышленного предприятия
- Богомолова И.П., Василенко И.Н., Омельченко О.М.** 375 Оценка эффективности формирования интегрированных образований на основе экономикоматематической модели
- Саликов Ю.А., Чайковская Л.Н., Пасынкова О.М.** 382 Многоуровневая структура обеспечения бюджетной безопасности государства
- Овчинникова Т.И., Саликов Ю.А., Григорьева В.В., Дуванова Ю.Н., Чайковская Л.Н.** 388 Агломерационный эффект в развитии экономической безопасности
- Демидов П.В., Улезько А.В.** 398 Результативность использования продуктивных земель в сельском хозяйстве Воронежской области
- Белолипов Р.П., Коновалова С.Н., Загвозкин М.В.** 407 Стратегические направления инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства

- Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Kosenko I.S.** Features of risks assessment from the position of the behavioral economy
- Serebryakova N.A., Agafonov S.M.** Labor market regulation policy in the region: nature and content
- Ponomareva S.V., Zheleznova I.V.** Scientific substantiation of the multi-criteria approach system to intrafirm strategic planning of equity capital on the industrial enterprises
- Grigorieva V.V., Sokolinskaya Yu.M.** Key directions of sustainable development of entrepreneurship in the forest sector of economics
- Sabetova T.V., Egorova G.N.** Analysis of the factors forming the observed inequality in the income of population in Russia
- Topowijono Supriono** Analysis of Sapta Pesona (Seven Enchantments) Implementation in Tourism Village: Study at Pujon Kidul Tourism Village of Malang Regenc, Indonesia
- Shageev D.A., Gulina K.A.** Development of a project of new products for the industrial enterprise "Ust-Katav railway car building plant. S. M. Kirov».
- Kudrjavceva N.N., Pahomova Ju.V., Duvanova Ju.N.** Reorganization of the technology and procedures for conducting mortgage transactions
- Pechenevsky V.F., Popov I.S., Guliyeva U.F.** Assessment of trends in shifts in the distribution of livestock sectors in the regions of the Central black earth in the postSoviet period
- Kolesnichenko E.A., Sokolinskaya Ju.M.** Organizational and economic features of the functioning of small enterprises of the forest sector of economics and the causes of strengthening the deformation of enterprise activity
- 415 Киселева И.А., Симонович Н.Е., Косенко И.С.** Экономическая безопасность предприятия: особенности, виды, критерии оценки
- 424 Серебрякова Н.А., Агафонов С.М.** Политика регулирования рынка труда в регионе: сущность и содержание
- 431 Пonomарева С.В., Железнова И.В.** Научное обоснование системы многокритериального подхода к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала промышленных предприятий
- 442 Григорьева В.В., Соколинская Ю.М.** Ключевые направления обеспечения устойчивого развития предпринимательства в лесном секторе экономики
- 449 Сабетова Т.В., Егорова Г.Н.** Анализ факторов, формирующих наблюдаемую дифференциацию доходов населения России
- 458 Topowijono Supriono** Analysis of Sapta Pesona (Seven Enchantments) Implementation in Tourism Village: Study at Pujon Kidul Tourism Village of Malang Regenc, Indonesia
- 464 Шагеев Д.А., Гулина К.А.** Разработка проекта новой продукции для промышленного предприятия «Усть–Катавский вагоностроительный завод им. С.М. Кирова»
- 473 Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В., Дuvanова Ю.Н.** Реорганизация технологии и порядка проведения ипотечных сделок
- 478 Печеневский В.Ф., Попов И.С., Гулиева У.Ф.** Оценка тенденций сдвигов в размещении отраслей животноводства по областям Центрального Черноземья в постсоветский период
- 490 Колесниченко Е.А., Соколинская Ю.М.** Организационно-экономические особенности функционирования малых предприятий лесного сектора экономики и причины усиления деформации предпринимательской деятельности

Процессы и аппараты пищевых производств

Оригинальная статья/Original article

УДК 637.66:664.046.3

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-11-17>

Исследование концентрирования крови крупного рогатого скота

Сергей Т. Антипов	¹	ast@vsuet.ru
Виталий Ю. Овсянников	¹	ows2003@mail.ru
Александр А. Корчинский	¹	79192492267@ya.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Актуальность более полного применения пищевой крови убойных животных обусловлена содержанием в ней белковых веществ с высокой усвояемостью организмом, по содержанию которых она может приравняться к мясу. Однако часть переработанной и использованной крови на пищевые цели мясоперерабатывающей промышленностью составляет всего лишь 3%. Использование крови убойных животных в концентрированном виде позволяет использовать ее как один из важнейших источников белка животного происхождения и ряда других необходимых человеку веществ – жиров, углеводов, ферментов, витаминов и минеральных составляющих. Для частичного консервирования и одновременного повышения содержания полезных компонентов, входящих в состав крови ее следует концентрировать способами, позволяющими максимально сохранить весь комплекс веществ, входящих в ее состав. Перспективным методом является концентрирование вымораживанием влаги. Исследовано концентрирование крови крупного рогатого скота на установке циклического действия. Получены экспериментальные данные, отражающие изменение величины удельного количества вымороженного льда с единицы площади поверхности теплообмена вымораживающей установки и величину потерь растворимых веществ, содержащихся в крови, удаляемых с вымороженным льдом от основных режимных параметров работы вымораживающей установки. Установлено, что с уменьшением средней температуры стенки испарителя установки величина удельного количества вымороженного льда из крови крупного рогатого скота монотонно нелинейно повышается. Повышение начального содержания сухих растворимых веществ в исходной крови, поступающей на концентрирование с 18,0 до 28,0 % вызывает нелинейное снижение удельного количества вымороженного льда с единицы площади поверхности теплообмена. Отмечено, что снижение температуры кипения хладагента в испарителе вымораживающей установки обуславливает увеличение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда, а повышение расхода крови крупного рогатого скота, омывающей испаритель вымораживающей установки наоборот вызывает снижение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда.

Ключевые слова: кровь крупного рогатого скота, концентрирование вымораживанием

Study of the cattle blood concentrating

Sergei T. Antipov	¹	ast@vsuet.ru
Vitalii Yu. Ovsyannikov	¹	ows2003@mail.ru
Aleksandr A. Korchinskii	¹	79192492267@ya.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The urgency of more complete use of food blood of slaughter animals is due to the content of protein substances in it with a high digestibility of the organism, in terms of its content it can be equated to meat. However, the part of the processed and used blood for food purposes is only 3% by the meat processing industry. Using of the slaughter animals blood in concentrated form allows its use as one of the most important sources of animal origin protein and a number of other substances necessary for human being - fats, carbohydrates, enzymes, vitamins and mineral constituents. For partial canning and simultaneous increase in the content of useful components that make up the blood, it should be concentrated by the methods allowing maximum preservation of the entire complex of substances that make up its composition. A promising method is the concentration by moisture freezing. The concentration of cattle blood on a cyclic action plant was studied. Experimental data reflecting the change in the specific amount of freezed ice from the unit area of the heat exchange surface of the freezing plant and the loss of soluble substances contained in the blood removed from the frozen ice from the main operating parameters of the freezing plant were obtained. It was found out that with a decrease in the average temperature of the plant evaporator wall, the specific amount of frozen ice from the blood of cattle increases monotonically nonlinearly. An increase in the initial content of dry soluble substances in the initial blood entering the concentration from 18.0 to 28.0% causes a nonlinear decrease in the specific amount of freeze-dried ice from the unit area of the heat exchange surface. It was noted that a decrease in the boiling point of the refrigerant in the evaporator of the freezing plant causes an increase in the dry matter content of the solution obtained by melting the frozen ice, and an increase in the blood flow of cattle washing the evaporator of the freezing plant, on the contrary, causes a decrease in the solids content in the solution obtained by the frozen ice melting.

Keywords: cattle blood, concentration by freezing

Для цитирования

Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Корчинский А.А. Исследование концентрирования крови крупного рогатого скота // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 11–17. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-11-17

For citation

Antipov S.T., Ovsyannikov V.Yu., Korchinsky A.A. Study of the cattle blood concentrating. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 11–17. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-11-17

Введение

В связи с возрастающими объемами производства мяса и мясной продукции в России увеличивается и количество вторичных продуктов переработки скота, к одним из которых относится кровь убойных животных, являющаяся богатейшим источником белков животного происхождения, что позволяет активно использовать ее в производстве колбасных изделий, полуфабрикатов, кормопродуктов, лечебных и технических фабрикатов. Важнейшее значение имеет кровь как исходное сырье для производства лекарственных средств, ассортимент которых достаточно обширен и разнообразен.

Для частичного консервирования и одновременного повышения содержания полезных компонентов, входящих в состав крови ее следует концентрировать способами, позволяющими максимально сохранить весь комплекс веществ, входящих в ее состав. Кроме того, кровь является хорошей питательной средой для размножения и последующего развития микроорганизмов.

Перспективным методом является концентрирование вымораживанием влаги [1–4]. Исследование характера влияния различных факторов на особенности протекания процесса выделения льда из крови крупного рогатого скота при ее концентрировании методом вымораживания влаги имеет важное научное и прикладное значение.

Материалы и методы

В настоящей работе представлены исследования концентрирования крови крупного рогатого скота (КРС) вымораживанием с использованием установки циклического действия.

Экспериментальная установка (рисунок 1) для циклического концентрирования крови КРС содержит холодильный компрессорно-конденсаторный агрегат 1 на базе бессальникового герметичного компрессора марки ВСН-1250, с системой 2, осуществляющей контроль давления всасывания, нагнетания хладагента и температуры кипения хладагента.

Стекая, под действием силы тяжести, жидкая среда теряет часть жидкой фазы за счет вымораживания ее на теплообменной поверхности испарителя 10, за счет чего обеспечивается увеличение концентрации растворимых веществ крови. При достижении определенной концентрации растворимых веществ в сконцентрированной крови (КРС) процесс вымораживания влаги останавливают и сливают сконцентрированный раствор в емкость 15.

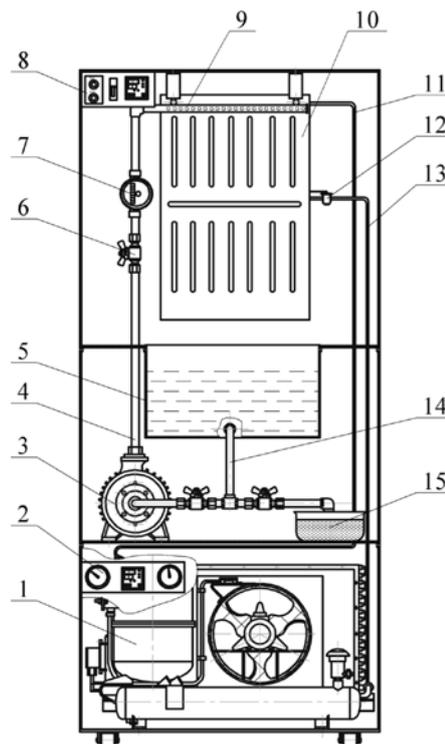


Рисунок 1. Экспериментальная установка для концентрирования крови крупного рогатого скота методом вымораживания влаги: 1 – агрегат холодильный; 2 – приборная панель; 3 – насос центробежный; 4 – магистраль напорная; 5 – бак напорный; 6 – вентиль напорной магистрали; 7 – счетчик жидкости; 8 – панель управления; 9 – коллектор – ороситель; 10 – испаритель – вымораживатель; 11 – трубопровод отвода паров хладагента; 12 – вентиль терморегулирующий; 13 – трубопровод подачи жидкого хладагента; 14 – магистраль отводная; 15 – емкость сборная сконцентрированного продукта

Figure 1. Experimental installation for the concentration of the blood of large livestock by the freezing out method of the moisture: 1 – aggregate is refrigeratory; 2 – the panel of cooling unit; 3 – pump is centrifugal; 4 – main is pressure; 5 – tank is pressure; 6 – the gate of force main; 7 – counter is liquid; 8 – control panel; 9 – collector is – irrigator; 10 – vaporizer is – freezer; 11 – the conduit of the outlet of vapors of refrigerant; 12 – gate control heating; 13 – the conduit of the supply of the liquid coolant; 14 – main is branch; 15 – capacity is composite of the concentrated product

Система подачи жидкости в напорный бак 5 вымораживающей установки марки Гидротех QB70 производительностью 300–1200 дм³/ч, мощностью 0,55 кВт, напорной магистрали 4 подается продукт в коллектор-ороситель 9 с регулировочными вентилями и счетчиком расходометром 6 марки СГВ-15 «Бетар» для контроля расхода жидкости, подаваемой в бак 5.

Система подачи хладагента во внутреннюю полость испарителя 10 состоит из холодильного агрегата 1, включающего поршневой герметичный компрессор, двухсекционный воздушный конденсатор, ресивер, фильтр-осушитель, терморегулирующий вентиль 12, чувствительный

баллон которого прикреплен к магистрали всасывания хладагента в компрессор, реле давления, соленоидные клапаны. В качестве холодильного агента в холодильной машине использовался «Фреон 22». Мощность холодильного агрегата позволяла при экспериментах получать температуру кипения холодильного агента от 263 до 253 К за счет варьирования холодопроизводительности вымораживающей установки. Давление во всасывающей и нагнетающей магистрали холодильного агрегата контролировалось при помощи манометров, размещенных на приборной панели 2.

Экспериментальная установка для концентрирования крови (КРС) методом вымораживания влаги позволяет достигнуть следующих результатов:

- обеспечить высококачественное концентрирование крови методом вымораживания с максимально полным сохранением всех биологически ценных веществ, содержащихся в исходном продукте;

- осуществить направленное регулирование содержания растворенных веществ в сконцентрированном продукте за счет контроля количества отводимого вымороженного льда;

- реализовать ресурсосберегающую технологию получения концентрированных жидких продуктов;

- осуществить выполнение требований стандарта или технических условий, отвечающих получению сконцентрированного продукта требуемого качества.

При проведении экспериментальных исследований была использована следующая методика проведения опытов.

После наружного осмотра установки включался в работу холодильный агрегат, открывали вентиль подачи хладагента в испаритель установки и осуществляли контроль температура кипения хладагента при помощи хромель-копелевой термопары.

Исходная кровь (КРС) из напорного бака 5 насосом 3 по напорной магистрали 4 подавалась в коллектор – ороситель, осуществляющий распыление исходного жидкого продукта в верхней части поверхности испарителя 10. Одновременно засекали время при помощи секундомера.

Требуемый расход продукта устанавливали путем предварительного изменения проходного сечения магистрали подачи крови за счет частичного перекрытия вентиля, установленного на ней.

В ходе эксперимента регистрировали показания температуры кипения хладагента в испарителе, давления всасывания и нагнетания компрессора, расход крови и продолжительность цикла вымораживания влаги. Одновременно осуществляли замеры силы тока и напряжения в цепи компрессора холодильного агрегата и насоса.

После истечения времени цикла вымораживания, принятом равным 60 минут отключали электродвигатель насоса, сливали остатки крови из напорного бака в емкость для сбора сконцентрированного продукта и переключали работу холодильного агрегата на режим «оттаивание». При этом за счет переключения соленоидных клапанов осуществлялась подача горячих паров хладагента из компрессора непосредственно в испаритель, что обеспечивало частичное подтаивание слоя льда, контактирующего с поверхностью испарителя и вымороженный лед свободно соскальзывал с его поверхности.

После цикла вымораживания определяли производительность установки по вымороженному льду, содержание сухих веществ в сконцентрированном продукте и растворе, полученном после расплавления вымороженного льда.

Для осуществления этой цели вымороженный лед помещался в заранее взвешенную колбу, и суммарный вес колбы со льдом определялся на аналитических весах.

Определение величины сухого вещества продукта, захваченного льдом, проводили следующим образом. Вымороженный лед расплавляли, термостатировали при температуре 20 °С и определяли содержание сухих веществ при помощи зеркального рефрактометра ИРФ-22.

Результаты и обсуждение

Представляли интерес зависимости, отражающие изменение величины удельного количества вымороженного льда с 1 м² площади поверхности теплообмена вымораживающей установки и характер потерь растворимых веществ крови, удаляемых с вымороженным льдом от режимных параметров функционирования вымораживающей установки.

Анализ полученных зависимостей позволил сделать следующие выводы.

Изменение величины удельного количества вымороженного льда с 1 м² площади поверхности теплообмена вымораживающей установки (рисунки 2–4) с уменьшением средней температуры стенки испарителя монотонно нелинейно повышается, что характерно для физической сущности процесса формирования ледяной фазы при ее кристаллизации.

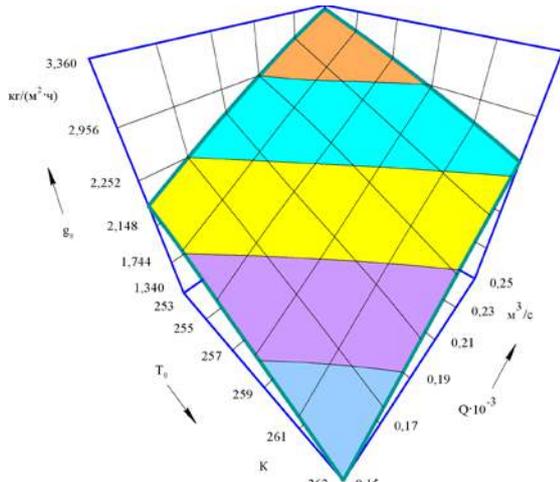


Рисунок 2. Изменение удельного количества вымороженного льда с 1 м^2 площади поверхности теплообмена установки $g_{\text{л}}$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при начальном содержании сухих веществ в продукте $\text{CB}_{\text{н}} = 21,0 \%$ от температуры кипения хладагента в испарителе T_0 , К и расходе исходного продукта Q , $\text{м}^3/\text{с}$

Figure 2. Change of a specific quantity of frozen out ice from 1 м^2 of the surface area of the heat exchange of the installation of $g_{\text{л}}$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ with the initial content of dry matter the product $\text{CB}_{\text{н}} = 21,0 \%$ from the boiling point of refrigerant in the vaporizer of T_0 , to and the expenditure of the initial product Q , of $\text{м}^3/\text{с}$

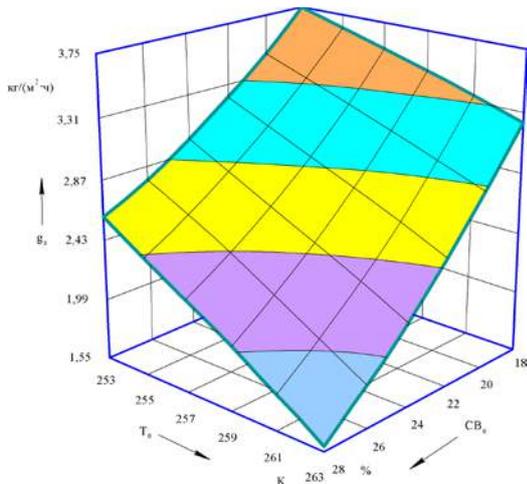


Рисунок 3. Изменение удельного количества вымороженного льда с 1 м^2 площади поверхности теплообмена установки $g_{\text{л}}$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при расходе исходного продукта $Q = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, от температуры кипения хладагента в испарителе T_0 , К и начального содержания сухих веществ в продукте $\text{CB}_{\text{н}}$, %

Figure 3. Change of a specific quantity of frozen out ice from 1 м^2 of the surface area of the heat exchange of the installation of $g_{\text{л}}$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ with the expenditure of the initial product of $Q = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot \text{м}^3/\text{с}$, from the boiling point of refrigerant in the vaporizer of T_0 , to and the initial content of dry matter in the product of $\text{CB}_{\text{н}}$, %

Увеличение расхода крови КРС, омывающей теплообменную поверхность испарителя вымораживающей установки вызывает увеличение удельного количества вымороженного льда. Это может быть объяснено повышением интенсивности процесса теплообмена на границе

раздела лед – кровь за счет некоторого увеличения коэффициента теплоотдачи.

Повышение начального содержания сухих растворимых веществ в исходной крови, поступающей на концентрирование с $18,0$ до $28,0\%$ вызывает нелинейное снижение удельного количества вымороженного льда с 1 м^2 площади поверхности теплообмена.

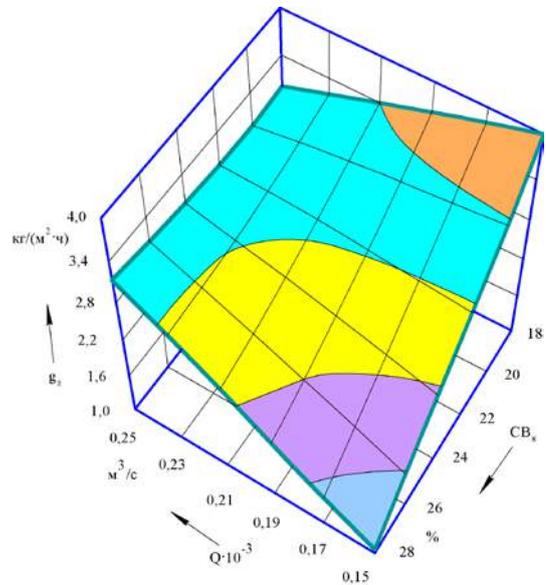


Рисунок 4. Изменение удельного количества вымороженного льда с 1 м^2 площади поверхности теплообмена установки $g_{\text{л}}$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при температуре кипения хладагента в испарителе $T_0 = 258 \text{ К}$ от расхода исходного продукта Q , $\text{м}^3/\text{с}$ от и начального содержания сухих веществ в продукте $\text{CB}_{\text{н}}$, %

Figure 4. Change of a specific quantity of frozen out ice from 1 м^2 of the surface area of the heat exchange of the installation of $g_{\text{л}}$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ at a boiling point of refrigerant in the vaporizer of $T_0 = 258 \text{ К}$ from the expenditure of the initial product Q , of $\text{м}^3/\text{с}$ from the initial content of dry matter in the product of $\text{CB}_{\text{н}}$, %

Наблюдаемое явление вызвано усилением характера связи между молекулами воды и растворимым веществом при концентрировании растворенных компонентов крови.

Характер изменения содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда, от исследуемых режимных параметров работы вымораживающей установки представлен на рисунках 5–7.

Следует отметить, что снижение температуры кипения хладагента в испарителе вымораживающей установки обуславливает увеличение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда, что может быть объяснено несоответствием взаимных скоростей миграции молекул воды и растворенных веществ крови КРС друг относительно друга под влиянием термического воздействия при значительном температурном перепаде [5].

При рецикле исходной крови и вымораживании влаги в виде льда на поверхности испарителя установки постепенно происходит накопление примесей в нем, и концентрация их постепенно повышается.

Очевидно, что захват растворенных веществ крови КРС в значительной мере зависит от механизма формирования кристаллов вымороженного льда. При неоднородности структуры льда наличие растворимых веществ в нем значительно больше, чем в случае однородной структуры.

Повышение расхода крови КРС, омывающей испаритель вымораживающей установки вызывает снижение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда. Это происходит вследствие интенсификации смывания более концентрированных слоев жидкости с поверхности формирования льда раствором с более низкой начальной концентрацией.

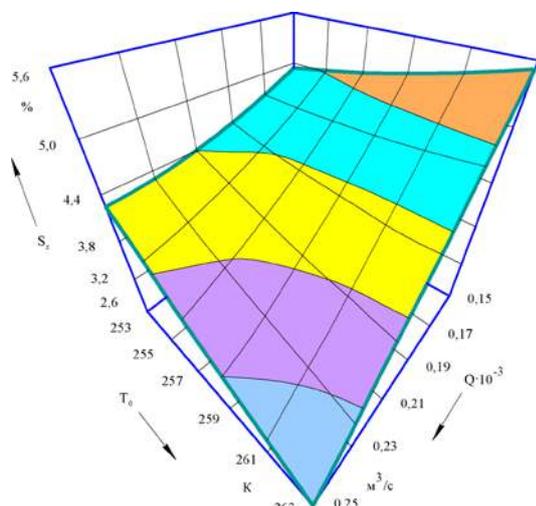


Рисунок 5. Изменение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда $S_{л}$, % при начальном содержании сухих веществ в продукте $CB_{н}=19,0\%$ от температуры кипения хладагента в испарителе T_0 , К и расходе исходного продукта Q , m^3/c
 Figure 5. Change of the content of dry matter in the solution, obtained with the melting of frozen out ice of $S_{л}$, % with the initial content of dry matter in the product of $CB_{н} = 19,0\%$ from the boiling point of refrigerant in the vaporizer of t_0 , to and the expenditure of the initial product Q , of m^3/s

Результаты проведенных исследований содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда после концентрирования крови КРС от начального содержания сухих веществ в крови позволили заключить, что повышение начального содержания сухих веществ в крови обуславливает увеличение содержания растворимых веществ в растворе вымороженного льда.

Это происходит вследствие захвата значительного количества растворенного вещества крови КРС молекулами воды за счет молекулярных сил при соответствующих

скоростях диффузии и формировании кристаллической структуры ледяной фазы [6, 7].

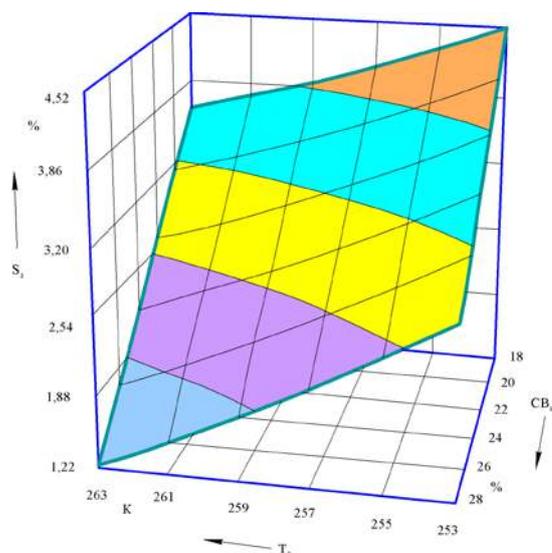


Рисунок 6. Изменение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда $S_{л}$, % при расходе исходного продукта $Q=0,22 \cdot 10^{-3} m^3/c$, от температуры кипения хладагента в испарителе T_0 , К и начального содержания сухих веществ в продукте $CB_{н}$, %
 Figure 6. Change of the content of dry matter in the solution, obtained with the melting of frozen out ice of $S_{л}$, % with the expenditure of the initial product of $Q = 0,22 \cdot 10^{-3} \cdot m^3/s$, from the boiling point of refrigerant in the vaporizer of t_0 , to and the initial content of dry matter in the product of $CB_{н}$, %

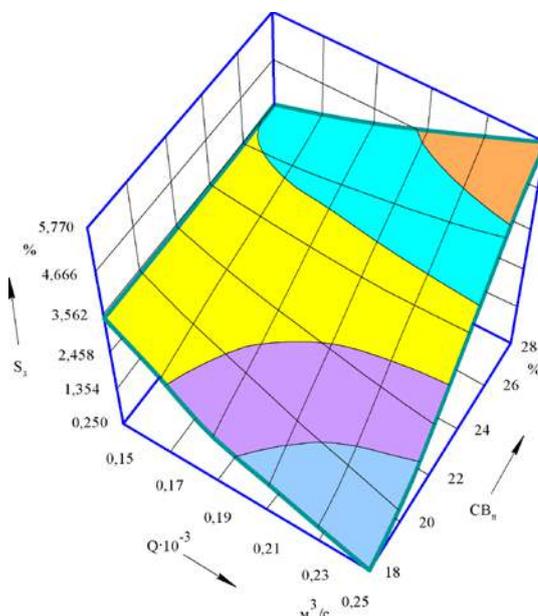


Рисунок 7. Изменение содержания сухих веществ в растворе, полученном при расплавлении вымороженного льда $S_{л}$, % при температуре кипения хладагента в испарителе $T_0=257$ К от расхода исходного продукта Q , m^3/c от и начального содержания сухих веществ в продукте $CB_{н}$, %

Figure 7. Change of the content of dry matter in the solution, obtained with the melting of frozen out ice of $S_{л}$, % at a boiling point of refrigerant in the vaporizer of $T_0 = 257$ K on the expenditure of the initial product Q , of m^3/s from the initial content of dry matter in the product of $CB_{н}$, %

При этом значительное влияние на морфологическую структуру вымороженного льда оказывает скорость кристаллизации, зависящая в значительной степени от величины переохлаждения на границе раздела льда и жидкой фазы.

Добиться оптимальной величины захвата вымороженным льдом части растворенных веществ крови КРС можно варьированием режимов охлаждения и циркуляции крови у поверхности льда.

Заключение

Обобщая полученные результаты при концентрировании крови КРС следует отметить, что эффективность процесса в вымораживающей установке циклического действия зависит от температуры кипения хладагента в испарителе,

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Hashemi H., Babae S., Mohammadi A.H., Naidoo P. et al. Experimental study and modeling of the kinetics of refrigerant hydrate formation // The Journal of Chemical Thermodynamics. 2015. V. 82. P. 47–52.
- 2 Williams P.M., Ahmad M., Connolly B.S., Oatley-Radcliffe D.L. Technology for freeze concentration in the desalination industry // Desalination. 2015. V. 356. P. 314–327
- 3 Матвеева Н.А., Лакисова Т.Ю. Концентрирование сливового сока методом вымораживания // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 3. С. 123–134.
- 4 Гушин А.А. Концентрирование творожной сыворотки разделительным вымораживанием // Вестник Красноярского государственного университета. 2017. № 10 (133). С. 168–174.
- 5 Короткий И.А., Короткая Е.В., Федоров В.Е. Исследование температур замораживания свиной крови // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3(30). С. 27–31.
- 6 Антипов С.Т., Овсянников В.Ю., Корчинский А.А. Исследование процесса охлаждения крови крупного рогатого скота // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 1(71). С. 11–14.
- 7 Овсянников В.Ю. Концентрирование плазмы крови крупного рогатого скота вымораживанием // Мясная индустрия. 2013. № 7. С. 74–49.
- 8 Hernandez E., Pazmino N., Raventos M. et al. Continuous System of Freeze Concentration of Sucrose Solutions: Process Parameters and Energy Consumption // J Food Technol Pres. 2016. P. 1–5.
- 9 Hanim F., Hamid A., Rahim N.A., Johari A. et al. Desalination of sea water through progressive freeze concentration using a coil crystallizer // Water Science and Technology. 2015. №15(3). P. 625–631
- 10 Safiei N.Z., Jusoh M. Process Sequence Development for Automated Progressive Freeze Concentration System // Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering). 2014. № 69(3). P 81–86.

расходе крови, омывающей поверхность испарителя и начальной концентрации крови, подаваемой в установку. При этом количество вымороженного льда, удельные затраты энергии на концентрирование и величина потерь растворимых компонентов крови, в результате отделения вымороженного льда остаются вполне сопоставимыми с характеристиками ряда зарубежных аналогов [8–10].

Результаты выполненных исследований могут быть полезны при расчете процессов тепло- и массообмена в установках для концентрирования жидких сред методом вымораживания влаги, а также при проектировании и конструировании концентрирующей техники.

REFERENCES

- 1 Hashemi H., Babae S., Mohammadi A.H., Naidoo P. et al. Experimental study and modeling of the kinetics of refrigerant hydrate formation. The Journal of Chemical Thermodynamics. 2015. vol. pp. 47–52.
- 2 Williams P.M., Ahmad M., Connolly B.S., Oatley-Radcliffe D.L. Technology for freeze concentration in the desalination industry. Desalination. 2015. vol. 356. pp. 314–327
- 3 Matveeva N.A., Lakisova T.Ju. Concentration of plum juice the method of freezing. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO* [The scientific journal ITMO. Series: processes and apparatus of food production] 2014. no. 3. pp. 123–134 (in Russian).
- 4 Gushhin A.A. Concentration of curd whey by freezing. *Vestnik Krasnoyarskogo gosuniversiteta* [Bulletin of Krasnoyarsk state University] 2017. no. 10 (133). pp. 168–174 (in Russian).
- 5 Korotky I.A., Korotkaya E.V., Fedorov V.E. Study of freezing temperatures of pig's blood. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Equipment and technology of food production] 2013. no. 3(30). pp. 27–31 (in Russian).
- 6 Antipov S.T, Ovsyannikov V.Yu., Korchinsky A.A. Investigation of the process of cooling blood of cattle. *Vestnik VGUET* [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2017. vol. 79. no. 1 (71). pp.11–14 (in Russian).
- 7 Ovsjannikov V. Ju. Concentration of the plasma of the blood of large livestock by the freezing. *Mjasnaja industrija* [Meat industry] 2013. no. 7. pp. 74–49 (in Russian).
- 8 Hernandez E., Pazmino N., Raventos M. et al. Continuous System of Freeze Concentration of Sucrose Solutions: Process Parameters and Energy Consumption. *J Food Technol Pres.* 2016. pp. 1–5.
- 9 Hanim F., Hamid A., Rahim N.A., Johari A. et al. Desalination of sea water through progressive freeze concentration using a coil crystallizer. *Water Science and Technology.* 2015. no. 15(3). pp. 625–631
- 10 Safiei N.Z., Jusoh M. Process Sequence Development for Automated Progressive Freeze Concentration System. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering).* 2014. no. 69(3). pp. 81–86

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Т. Антипов д.т.н., профессор, проректор по научной и инновационной деятельности, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ast@vsuet.ru

Виталий Ю. Овсянников к.т.н., доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ows2003@mail.ru

Александр А. Корчинский аспирант, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, 79192492267@ya.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Сергей Т. Антипов разработал концепцию исследований, консультации в ходе эксперимента

Виталий Ю. Овсянников обзор литературных источников по исследуемой проблеме, обработал экспериментальные данные

Александр А. Корчинский провёл эксперимент, написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 06.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergei T. Antipov Dr. Sci. (Engin.), professor, vicerector of research and innovation, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ast@vsuet.ru

Vitalii Yu. Ovsyannikov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, machines and equipment of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ows2003@mail.ru

Aleksandr A. Korchinskii graduate student, machines and equipment of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, 79192492267@ya.ru

CONTRIBUTION

Sergei T. Antipov it developed the concept of studies, consultation in the course of the experiment

Vitalii Yu. Ovsyannikov the survey of literary sources on the problem being investigated, processed the experimental data

Aleksandr A. Korchinskii it conducted experiment, wrote the manuscript, corrected it to the supply into the editorial staff and bears responsibility for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.6.2018

ACCEPTED 5.14.2018

Математическая модель движения одиночной сферической частицы люпина в экстракторе с помощью низкочастотных механических колебаний

Юлиан И. Шишацкий¹
Алексей М. Барбашин¹
Сергей А. Никель¹ sergei.nickel@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В нашем случае твердым телом является сырьё растительного происхождения – люпин, измельченный в крупку, а экстрагентом – подсырная сыворотка. Турбулентная обстановка в аппарате создавалась наложением низкочастотных механических колебаний, которые оказывают значительное влияние на характеристики гидромеханических, массообменных и тепловых процессов. Эту особенность необходимо учитывать при расчетах экстракционных аппаратов. Сформулированы основные допущения для решения поставленной задачи. Записано уравнение движения одиночной частицы, которое приводится в ряде работ (Соу, Хинце, Чен, Протодаконов и др.). Оно справедливо при мгновенных значениях параметров. Выписано более простое уравнение, описывающее движение дисперсной частицы, а также тензоры временной корреляции с последующим их разложением в интеграл Фурье. Далее, учитывая определение тензоров, показаны зависимости для расчета интенсивности хаотического движения сплошной и диспергированной фаз, а также получено конечное выражение, показывающее соотношение интенсивностей движения фаз. Коэффициент турбулентной диффузии каждой из фаз пропорционален интенсивности хаотического движения соответствующей фазы. Поэтому записанное конечное уравнение для соотношения фаз позволяет оценить соотношение коэффициентов турбулентной диффузии жидкой и диспергированной фаз в экстракционном аппарате. В нашем случае отношение плотностей $\rho_l/\rho_{ж}$ составляет 1,1. Поскольку плотности люпина и подсырной сыворотки количественно разнятся, то следует ожидать некоторого увеличения относительной скорости движения фаз, что приведет к увеличению скорости массоотдачи. Интенсивности хаотического движения фаз не будут одинаковыми, равно как и коэффициенты турбулентной диффузии. Таким образом, рассмотренный случай движения одиночной частицы в турбулентном потоке сложен и может быть решен только при достаточно серьезных допущениях, сформулированных ниже.

Ключевые слова: механические колебания, турбулентное перемешивание, сферическая частица люпина, подсырная сыворотка, математическая модель

Mathematical model of movement of a single spherical lupine particle in the extractor using low-frequency mechanical vibrations

Yulian I. Shitshatskii¹
Aleksei M. Barbashin¹
Sergei A. Nikel¹ sergei.nickel@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. In our case, the solid body is the raw material of plant origin-lupine, crushed into grits, and the extractant is the cheese whey. The turbulent situation in the apparatus was created by the imposition of low-frequency mechanical vibrations, which have a significant impact on the characteristics of hydro-mechanical, mass transfer and thermal processes. This feature must be taken into account in the calculation of the extraction apparatus. The basic assumptions for the solution of the problem are formulated. The equation of motion of a single particle, which is contained in a number of works (Sow, an introduction, Chen, Protodyakonov, etc.). It is true in the instant values of the parameters. A simpler equation describing the motion of the dispersed particle and time correlation tensors with their subsequent decomposition into the Fourier integral are written. Further, taking into account the definition of tensors, the dependences for the calculation of the intensity of the chaotic motion of continuous and dispersed phases are shown, and the final expression is obtained, showing the ratio of the intensities of the phases. The coefficient of turbulent diffusion of each phase is proportional to the intensity of the chaotic motion of the corresponding phase. Therefore, the written finite equation for the phase ratio allows to estimate the ratio of the turbulent diffusion coefficients of the liquid and dispersed phases in the extraction apparatus. In our case, the ratio of the density of Hg / Hg is 1.1. Since the density of lupine and cheese whey differ quantitatively, we should expect some increase in the relative velocity of the phases, which will increase the rate of mass transfer. The intensities of the phases chaotic motion will not be the same, as well as the coefficients of turbulent diffusion. Thus, the case of motion of a single particle in a turbulent flow is complex and can be solved only under sufficiently serious assumptions formulated below.

Keywords: mechanical vibrations, turbulent mixing, spherical lupine particle, subsurface serum, mathematical model

Турбулентное перемешивание двухфазной системы осуществляется в различных аппаратах, например, в экстракторах. В нашем случае твердым телом являлось сырьё растительного происхождения люпин, измельчённый в крупку, а экстрагентом – подсырная сыворотка. Молочно-растительный экстракт люпина (последний

характеризуется высокой массовой долей белков – более 30 % на сухое вещество) может быть использован в различных отраслях промышленности, в частности, как сырьё для функциональных продуктов питания. Турбулентная обстановка в экстракторе обеспечивалась наложением низкочастотных механических колебаний.

Для цитирования

Шишацкий Ю.И., Барбашин А.М., Никель С.А. Математическая модель движения одиночной сферической частицы люпина в экстракторе с помощью низкочастотных механических колебаний // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 18–22. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-18-22

For citation

Shitshatsii Yu.I., Barbashin A.M., Nickel S.A. Mathematical model of movement of a single spherical lupine particle in the extractor using low-frequency mechanical vibrations. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 18–22. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-18-22

Последние оказывают значительное влияние на характеристики гидромеханических, массообменных и иных процессов, что следует учитывать при расчётах экстракционных аппаратов.

Принятые допущения:

1. При гидромодуле 1:6, каким он был в наших экспериментах, концентрация частиц люпина мала и их взаимным влиянием можно пренебречь, то есть движение каждой частицы можно рассматривать вне зависимости от движения остальных частиц. Траектория частиц будет очень сложной (хаотической).

2. При определении соотношения между интенсивностями хаотического движения сплошной и диспергированной фаз принимаем, что размер частиц люпина в виде крупки существенно меньше по сравнению с масштабом минимальных турбулентных образований, то есть с наименьшей длиной волны турбулентного движения.

Хаотическое движение совокупности частиц твердой фазы в аппарате подтверждалось поведением меченых частиц.

Уравнение движения одиночной частицы приводят С. Соу, И.О. Хинце, С.М. Чен. И др. И.О. Протодыяконов записал его в виде [3]

$$\begin{aligned} \frac{1}{6} \pi d^3 \rho_p \frac{d\omega_{pi}}{dt} &= 3\pi v d_p (\omega_i - \omega_{pi}) - \\ - \frac{1}{6} \pi d^3 \frac{\partial p}{\partial x_i} &+ \frac{1}{12} \pi d^3 \rho \frac{d(\omega_i - \omega_{pi})}{dt} + \\ + \frac{3}{2} d^2 \rho \sqrt{\pi v} \int_{t_0}^t &\frac{dt'}{\sqrt{t-t'}} \frac{d(\omega_i - \omega_{pi})}{dt'}, \end{aligned} \quad (1)$$

где ω_{pi} , ρ_p – i -я составляющая скорости частицы и её плотность; ω_i , p – i -я составляющая скорости жидкости и давление в точке пространства, в которой находится частица в момент времени t ; v – вязкость жидкости.

Уравнение (1) справедливо при достаточно малой относительной скорости движения частицы и окружающего её экстрагента. Поэтому принимаем, что дисперсные частицы на движение сплошной фазы не оказывают влияния, то есть значения величины ω и p считаются равными тем значениям, которые имели бы место при отсутствии в аппарате твёрдых частиц.

Проанализируем уравнение (1): левая часть уравнения представляет собой силу, которая необходима для ускорения частицы, то есть произведение массы крупки на её ускорение. Первый член правой части – сила вязкого трения, второй – сила, возникающая вследствие неравномерного давления вокруг частицы. Третий член представляет собой силу, необходимую

для ускорения так называемой присоединённой массы частицы, обусловленной тем, что движущаяся частица вовлекает в движение окружающую её сыворотку. Четвёртый член учитывает влияние нестационарности течения на движение крупки (сила Бассэ). В целом правая часть характеризует полную силу, действующую на частицу в потоке.

Поскольку считается, что частица не влияет на движение, из (1) градиент давления можно исключить. Используя уравнение Навье – Стокса, описывающее движение жидкой фазы [2]:

$$(\bar{v} \nabla) \bar{v} = -\frac{1}{\rho} \nabla p + \nu \Delta \bar{v},$$

где \bar{v} – вектор скорости; $\Delta \bar{v}$ – оператор Лапласа; ν – кинетическая вязкость жидкости, $\nu = \mu / \rho$, из уравнения (1) получается следующее равенство:

$$\begin{aligned} \frac{1}{6} \pi d^3 \rho_p \frac{d\omega_i}{dt} &= \frac{3}{4} \pi v d_p (\omega_i - \omega_{pi}) + \\ + \frac{1}{6} \pi d^3 \rho \left(\frac{\partial \omega_i}{\partial t} + \omega_k \frac{\partial \omega_i}{\partial x_k} - \nu \frac{\partial^2 \omega_i}{\partial x_k \partial x_k} \right) &+ \\ + \frac{1}{12} \pi d^3 \rho \frac{d(\omega_i - \omega_{pi})}{dt} &+ \frac{3}{2} d^2 \rho \sqrt{\pi v} \int_{t_0}^t \frac{dt'}{\sqrt{t-t'}} \frac{d(\omega_i - \omega_{pi})}{dt'}, \end{aligned} \quad (2)$$

В уравнении (2) правая часть в совокупности представляет собой силу, действующую на частицу. Её правомерно считать случайной силой. Это справедливо, учитывая сформированные выше допущения применительно к турбулентной обстановке в экстракторе.

Уравнение (2) справедливо для мгновенных значений величин и оно приемлемо для нахождения статистических характеристик хаотического движения фаз. Для получения замкнутой системы уравнений можно использовать допущение о сравнительной малости нелинейных членов уравнения (2). В результате ряда преобразований выписано более простое уравнение, описывающее движение дисперсной частицы

$$\begin{aligned} \gamma + \frac{1}{2} \frac{\partial \omega_{pi}}{\partial t} &= \frac{3}{2} \frac{\partial \omega_i}{\partial t} + \frac{18\nu}{\partial^2} (\omega_i - \omega_{pi}) + \\ + \frac{9}{\partial} \sqrt{\frac{\nu}{\pi}} \int_{t_0}^t &\frac{dt'}{\sqrt{t-t'}} \frac{d(\omega_i - \omega_{pi})}{dt'}, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\gamma = \rho_p / \rho$.

Статистическая связь соответственно между значениями скорости в моменты времени t_1 и t для дисперсной частицы, дисперсной частицы и сплошной фазы, а также сплошной фазы характеризуются соответственно тензорами временной корреляции:

$$\begin{aligned} Q_{ji}(t_1, t) &= \overline{\omega_{pi}(t_1) \omega_{pi}(t)}, \quad P_{ji}(t_1, t) = \overline{\omega_{pi}(t_1) \omega_i(t)}, \\ R_{ji}(t_1, t) &= \overline{\omega_{pi}(t_1) \omega_i(t)}. \end{aligned}$$

В этих формулах черта означает операцию статистического осреднения.

Умножая почленно уравнение (3) на $\omega_{pj}(t_1)$ и на $\omega_j(\tau_1)$, а также осредняя, получим:

$$\left(\gamma + \frac{1}{2}\right) \frac{d}{ds} Q_{ij}(s) = \frac{3}{2} \frac{d}{ds} P_{ij}(s) + \frac{18v}{d^2} [P_{ij}(s) - Q_{ij}(s)] + \quad (4)$$

$$+ \frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{\pi}} \int_{-\infty}^s \frac{ds'}{\sqrt{s-s'}} [P_{ij}(s') - Q_{ij}(s')] ds';$$

$$\left(\gamma + \frac{1}{2}\right) \frac{d}{ds} Q_{ij}(s) = \frac{3}{2} \frac{d}{ds} R_{ij}(s) - \frac{18v}{d^2} [R_{ij}(s) - P_{ij}(s)] + \quad (5)$$

$$+ \frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{\pi}} \int_{-\infty}^s \frac{ds'}{\sqrt{s-s'}} [R_{ij}(s') - P_{ij}(s')] ds'.$$

Здесь $s = t - t_1$, $s' = t' - t_1$, s и s' – переменные.

Вместо тензоров P_{ij} , R_{ij} , Q_{ij} подставляем в уравнения (4) и (5) их разложения в интеграл Фурье. Тогда получим:

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} d\omega e^{-i\omega s} (-i\omega) \left(\gamma + \frac{1}{2}\right) \widetilde{Q}_{ij}(\omega) =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} d\omega e^{-i\omega s} \left\{ \frac{3}{2} (-i\omega) \widetilde{P}_{ij}(\omega) + \frac{18v}{d^2} [\widetilde{P}_{ij}(\omega) - \widetilde{Q}_{ij}(\omega)] \right\} + \quad (6)$$

$$+ \frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{ds'}{\sqrt{s-s'}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\omega}{\sqrt{2\pi}} e^{-i\omega s'} (-i\omega) [\widetilde{P}_{ij}(\omega) - \widetilde{Q}_{ij}(\omega)];$$

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} d\omega e^{-i\omega s} (-i\omega) \left(\gamma + \frac{1}{2}\right) \widetilde{P}_{ij}(\omega) =$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} d\omega e^{-i\omega s} \left\{ \frac{3}{2} (-i\omega) \widetilde{R}_{ij}(\omega) - \frac{18v}{d^2} [\widetilde{R}_{ij}(\omega) - \widetilde{P}_{ij}(\omega)] \right\} + \quad (7)$$

$$+ \frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{ds'}{\sqrt{s-s'}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\omega}{\sqrt{2\pi}} e^{-i\omega s'} (-i\omega) [\widetilde{R}_{ij}(\omega) - \widetilde{P}_{ij}(\omega)].$$

Меняя порядок интегрирования и вводя новую переменную $t = s - s'$, последний член уравнения (6) запишем иначе:

$$\frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\omega}{\sqrt{2\pi}} e^{-i\omega s} (-i\omega) [\widetilde{P}_{ij}(\omega) - \widetilde{Q}_{ij}(\omega)] \int_0^{\infty} \frac{d\tau}{\sqrt{\tau}} e^{i\omega\tau}$$

Вычислим последний интеграл в этом уравнении, используя известные значения определённых интегралов [1]:

$$\int_0^{\infty} \frac{d\tau}{\sqrt{\tau}} \cos \omega\tau = \int_0^{\infty} \frac{d\tau}{\sqrt{\tau}} \sin \omega\tau = \sqrt{\pi / 2\omega}.$$

Тогда этот член принимает следующий вид:

$$\frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\omega}{\sqrt{2\pi}} e^{-i\omega s} (1+i) (-i\sqrt{\omega}) [\widetilde{P}_{ij}(\omega) - \widetilde{Q}_{ij}(\omega)].$$

Используя изложенную процедуру вычислений, последний член уравнения (7) примет вид:

$$\frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{2}} \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\omega e^{-i\omega s}}{\sqrt{2\pi}} (1-i) (-i\sqrt{\omega}) [\widetilde{R}_{ij}(\omega) - \widetilde{P}_{ij}(\omega)]. \quad (8)$$

Учитывая уравнения (8) и (9), можно заключить, что каждое из уравнений (6), (7) представляет собой равенство двух интегралов Фурье, откуда следует равенство преобразований Фурье. Поэтому получаем:

$$\left(\gamma + \frac{1}{2}\right) \widetilde{Q}_{ij}(\omega) = \frac{3}{2} \widetilde{P}_{ij}(\omega) + i \frac{18v}{d^2 \omega} [\widetilde{P}_{ij}(\omega) - \widetilde{Q}_{ij}(\omega)] + \quad (9)$$

$$+ \frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{2\omega}} (1+i) [\widetilde{P}_{ij}(\omega) - \widetilde{Q}_{ij}(\omega)];$$

$$\left(\gamma + \frac{1}{2}\right) \widetilde{P}_{ij}(\omega) = \frac{3}{2} \widetilde{R}_{ij}(\omega) - i \frac{18v}{d^2 \omega} [\widetilde{R}_{ij}(\omega) - \widetilde{P}_{ij}(\omega)] + \quad (10)$$

$$+ \frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{2\omega}} (1-i) [\widetilde{R}_{ij}(\omega) - \widetilde{P}_{ij}(\omega)].$$

Теперь из уравнения (9) и (10) исключаем тензор $P_{ij}(\omega)$. После этого получим соотношение, которое связывает преобразования Фурье тензоров временной корреляции сплошной и диспергированной фаз:

$$\widetilde{R}_{ij}(\omega) = \Gamma(\omega) \widetilde{Q}_{ij}(\omega) \quad (11)$$

$$\Gamma(\omega) = \frac{\left[\gamma + \frac{1}{2} + \frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{2\omega}}\right]^2 + \left[\frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{2\omega}} + \frac{18v}{d^2 \omega}\right]^2}{\left[\frac{3}{2} + \frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{2\omega}}\right]^2 + \left[\frac{9}{d} \sqrt{\frac{v}{2\omega}} + \frac{18v}{d^2 \omega}\right]^2} \quad (12)$$

И.О. Хинце [4] установил, что интенсивности хаотического движения сплошной и диспергированной фаз, соответственно, определяются соотношениями:

$$I_{ji}^2 = \overline{\omega_i^2(t)}, I_{pi}^2 = \overline{\omega_{pi}^2(t)} \quad \text{при } i = 1, 2, 3.$$

Эти соотношения можно переписать иначе, если учесть определения тензоров временной корреляции $R_{ij}(s)$ и $Q_{ij}(s)$ [3]

$$I_{ji}^2 = R_{ii}(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \widetilde{R}_{ii}(\omega) d\omega; \quad (13)$$

$$I_{pi}^2 = Q_{ii}(0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \widetilde{Q}_{ii}(\omega) d\omega. \quad (14)$$

Выражая (13) через величину $\widetilde{R}_{ii}(\omega)$ согласно найденному соотношению (12) для интенсивности хаотического движения сплошной фазы имеем:

$$I_{ji}^2 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} \Gamma(\omega) \widetilde{Q}_{ii}(\omega) d\omega. \quad (15)$$

Определим явный вид этого соотношения. И.О. Хинце с достаточной точностью выразил тензор временной корреляции следующей формулой:

$$Q_{ii}(s) = I_{pi}^2 e^{-\lambda_i |s|}, \quad (16)$$

где λ – некоторые постоянные.

Находим преобразование Фурье этой функции:

$$\widetilde{Q}_{ii} = I_{pi}^2 \sqrt{\frac{2}{\pi}} \frac{\lambda_i}{\lambda_i^2 + \omega^2}. \quad (17)$$

Пренебрегая силой Бассэ (последний член правой части уравнения (1)), для функции $\Gamma(\omega)$ получим:

$$\Gamma(\omega) = \frac{\left(\gamma + \frac{1}{2}\right)^2 + \left(\frac{18}{d^2 \omega}\right)^2}{\frac{9}{4} + \left(\frac{18\nu}{Id^2 \omega}\right)^2}. \quad (18)$$

Выражая в соотношении (16) величины $Q_{ii}(\omega)$ и $\Gamma(\omega)$, согласно (17) и (18), после некоторых вычислений имеем:

$$\frac{I_{fi}^2}{I_{pi}^2} = \left[1 + \left(\gamma + \frac{1}{2}\right)^2 \frac{\lambda_i d^2}{27\nu}\right] \left(1 + \frac{\lambda_i d^2}{12\nu}\right)^{-1}, \quad (19)$$

где I_{fi}^2 и I_{pi}^2 – интенсивности хаотического движения сплошной (жидкой) и диспергированной (твёрдой) фаз.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ильин В.А., Кукина А.В. Высшая математика. М.: Изд-во Проспект, 2004. 600 с.
- 2 Протодяконов И.О., Люблинская И.Е., Рыжков А.Е. Гидродинамика и массообмен в дисперсных системах жидкость-твёрдое тело. Л.: Химия, 1987. 336 с.
- 3 Протодяконов И.О., Сыщиков Ю.В. Турбулентность в процессах химической технологии. Л.: Наука, 1983. 318 с.
- 4 Хинце И.О. Турбулентность. Ее механизм и теория. М.: Гос. изд. физико-математической литературы, 1963. 680 с.
- 5 Шишацкий Ю.И., Буданов А.В., Никель С.А., Власов Ю.Н. Влияние наложения низкочастотных механических колебаний на эффективность экстрагирования // Вестник ВГУИТ. 2018. № 1. С. 25 – 29.
- 6 Пищиков Г.Б., Лазарев В.А., Шихалев С.В. Метод оценки интенсивности пространственного смешения микроорганизмов в биореакторах непрерывного действия // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. №79(3). С. 169-173.
- 7 Celis C., da Silva L. F. F. Lagrangian mixing models for turbulent combustion: review and prospects // Flow, Turbulence and Combustion. 2015. V. 94. №. 3. P. 643-689.
- 8 Watanabe T., Nagata K. Mixing model with multi-particle interactions for Lagrangian simulations of turbulent mixing // Physics of Fluids. 2016. V. 28. №. 8. P. 085103.
- 9 Li L. J. et al. A modified turbulent mixing model with the consideration of heat transfer between hot buoyant plume and sidewalls in a closed stairwell // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. V. 84. P. 521-528.
- 10 Barmparousis C., Drikakis D. Multidimensional quantification of uncertainty and application to a turbulent mixing model // International Journal for Numerical Methods in Fluids. 2017. V. 85. №. 7. P. 385-403.

В [2] отмечается, что коэффициент турбулентной диффузии каждой из фаз пропорционален интенсивности хаотического движения соответствующей фазы. Поэтому формула (20) позволяет оценить отношение коэффициентов турбулентной диффузии жидкой и диспергированной фаз в аппарате.

В нашем случае отношение плотностей $\rho = \rho_v/\rho_{ж} = 1,1$, то есть $\gamma > 1$. Интенсивность хаотического движения жидкой фазы больше интенсивности движения твёрдой фазы.

Физический смысл заключается в том, что если плотности твёрдой и жидкой фаз количественно разнятся, то следует ожидать некоторого увеличения относительной скорости их движения, что приведет к увеличению коэффициента массопередачи. Интенсивности хаотического движения фаз не будут одинаковыми, равно как и коэффициенты турбулентной диффузии [5–10]. Из сказанного следует, что рассмотренный случай движения одиночной частицы в турбулентном потоке сложен и может быть решен только при достаточно серьёзных допущениях, сформулированных выше.

REFERENCES

- 1 Ilyin V.A., Kukina A.V. Vysshaya matematika [Higher mathematics] Moscow, Publishing House Prospekt, 2004. 600 p. (in Russian)
- 2 Protodyakonov I.O., Lublinskaya I.E., Ryzhkov A.E. Gidrodinamika i massoobmen v dispersnykh sistemakh [Hydrodynamics and mass transfer in liquid-solid disperse systems] Leningrad, Chemistry, 1987. 336 p. (in Russian)
- 3 Protodyakonov I.O., Syshchikov Yu.V. Turbulentnost' v protsessakh khimicheskoi tekhnologii [Turbulence in the processes of chemical technology] Leningrad, Nauka, 1983. 318 p. (in Russian)
- 4 Khintse I.O. Turbulentnost' [Turbulence. Its mechanism and theory] Moscow, State ed. physico-mathematical literature, 1963. 680 p. (in Russian)
- 5 Shishatsky Yu.I., Budanov A.V., Nikel S.A., Vlasov Yu.N. Effect of the imposition of low-frequency mechanical oscillations on the extraction efficiency. Vestnik VGUIT. [Proceedings of VSUET] 2018. no. 1. pp. 25 – 29. (in Russian)
- 6 Pishchikov G.B., Lazarev V.A., Shikhalev S.V. A method of evaluating the intensity of spatial mixing of the microorganisms in the bioreactors, continuous. Vestnik VGUIT. [Proceedings of VSUET] 2017. no. 79(3). pp. 169-173. (in Russian)
- 7 Celis C., da Silva L. F. F. Lagrangian mixing models for turbulent combustion: review and prospects. Flow, Turbulence and Combustion. 2015. vol. 94. no. 3. pp. 643-689.
- 8 Watanabe T., Nagata K. Mixing model with multi-particle interactions for Lagrangian simulations of turbulent mixing. Physics of Fluids. 2016. vol. 28. no. 8. pp. 085103.
- 9 Li L. J. et al. A modified turbulent mixing model with the consideration of heat transfer between hot buoyant plume and sidewalls in a closed stairwell. International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. vol. 84. pp. 521-528.
- 10 Barmparousis C., Drikakis D. Multidimensional quantification of uncertainty and application to a turbulent mixing model. International Journal for Numerical Methods in Fluids. 2017. vol. 85. no. 7. pp. 385-403.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юлиан И. Шишацкий д.т.н., профессор, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Алексей М. Барбашин к.т.н., доцент, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Сергей А. Никель к.т.н., доцент, кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sergei.nickel@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 30.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 26.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yulian I. Shitshatskii Dr. Sci. (Engin.), professor, physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Aleksei M. Barbashin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Sergei A. Nickel Cand. Sci. (Engin.), associate professor, physics, heat engineering and heat power engineering department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sergei.nickel@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in writing the manuscript and responsible for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.30.2018

ACCEPTED 4.26.2018

Конструктивное оформление и методика расчета процесса получения сливочно-растительных спредов

Александр Н. Остриков¹ oan@vsuet.ru

Анастасия В. Терёхина¹ gorbatova.nastia@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В настоящее время активирована работа по разработке и внедрению полезных для здоровья продуктов питания, снижению удельных затрат при производстве масложировых продуктов. Ввиду многокомпонентности многих эмульсионных продуктов и разницы в их агрегатном состоянии существует необходимость совершенствования конструкций оборудования для их производства. Основными показателями процесса перемешивания являются интенсивность и эффективность, а также расход энергии на проведение процесса. При получении эмульсий эффективность перемешивания может характеризоваться размером образующихся частиц дисперсной фазы, а интенсивность – временем достижения цели процесса – однородной структуры при многокомпонентности продукта, при минимальных энергетических затратах. Для того чтобы определить время достижения результата процесса в качестве оценки можно использовать безразмерную концентрацию. Эффективность перемешивания была оценена по дисперсности эмульсии. Исследования проводились на микроскопе «Микрометр 3» при увеличении в 400 раз. Средний диаметр эмульгированных частиц составил $d = 5 \cdot 10E-5$ м, а удельная поверхность эмульсий равна $Sud = 1,2 \cdot 10E5$ 1/м. Предложенная методика расчета интенсивности и определения эффективности перемешивания может быть использована для расчетов процесса перемешивания многокомпонентных эмульсий химических и пищевых производств. Использование предлагаемой конструкции эмульсера позволяет оптимизировать процесс термомеханического воздействия на исходное сырье, различное по своим физико-механическим свойствам, за счет обеспечения поддержания заданного температурного режима в каждой из камер эмульсера и рационального характера движения продукта; расширить область применения за счет достигнутой универсализации механизмов перемешивания с учетом особенностей физико-механических свойств исходных компонентов; получить спреды, сбалансированных по жирнокислотному составу, состоящие из смеси различных компонентов, благодаря решению проблемы равномерного распределения компонентов смеси и наиболее рациональному температурному воздействию на них.

Ключевые слова: конструкция, мешалка, эмульсер, спред, перемешивание

Structural design and methodology for calculating the process of obtaining creamy-vegetable spreads

Aleksandr N. Ostrikov¹ oan@vsuet.ru

Anastasiya V. Terekhina¹ gorbatova.nastia@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. At present, work has been activated to develop and introduce healthy food products, reduce unit costs for the production of fat-and-oil products. In view of the multicomponent nature of many emulsion products and the difference in their aggregate state, there is a need to improve the design of equipment for production. The main indicators of the mixing process are the intensity and efficiency, as well as the energy consumption for the process. In the production of emulsions, the mixing efficiency can be characterized by the size of the forming particles of the dispersed phase, and the intensity - by the time of achieving the process goal - of a homogeneous structure with a multicomponent product, with minimal energy costs. In order to determine the time to achieve the result of the process, a dimensionless concentration can be used as an estimate. The effectiveness of mixing was evaluated by the dispersion of the emulsion. The investigations were carried out on a microscope "Micrometer 3" with an increase of 400 times. The average diameter of the emulsified particles was $d = 5 \cdot 10E-5$ m, and the specific surface area of the emulsions was $S = 1.2 \cdot 10E5$ 1 / m. The proposed method for calculating the intensity and determining the mixing efficiency can be used to calculate the mixing of multicomponent emulsions of chemical and food products. The use of the proposed emulsion design makes it possible to optimize the process of thermomechanical action on raw materials, different in their physico-mechanical properties, by ensuring the maintenance of a given temperature regime in each of the emulsion chambers and the rational nature of the product movement; expand the scope of application due to the achieved universalization of the mixing mechanisms taking into account the physico-mechanical properties of the initial components; to obtain spreads balanced by fatty acid composition, consisting of a mixture of various components, by solving the problem of uniform distribution of the components of the mixture and the most rational temperature effect on them.

Keywords: construction, mixer, emulsifier, spread, stirring

Введение

Масложировая промышленность является одной из старейших отраслей промышленности России, которая в свою очередь интенсивно развивается. В настоящее время активирована работа по разработке и внедрению полезных

для здоровья продуктов питания, снижению удельных затрат при производстве масложировых продуктов [1–4]. Ввиду многокомпонентности многих эмульсионных продуктов и разницы в их агрегатном состоянии существует необходимость совершенствования конструкций оборудования для их производства. Среди

Для цитирования
Остриков А.Н., Терёхина А.В. Конструктивное оформление и методика расчета процесса получения сливочно-растительных спредов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 23–29. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-23-29

For citation
Ostrikov A.N., Terekhina A.V. Structural design and methodology for calculating the process of obtaining creamy-vegetable spreads. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 23–29. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-23-29

недостатков существующего оборудования можно выделить такие, как значительные энергозатраты, обусловленные нерациональным ведением процесса термомеханического воздействия на исходную смесь; неравномерное распределение компонентов в получаемой смеси и ее недостаточное взбивание из-за несовершенной конструкции мешалки, которая не учитывает особенности физико-механических свойств исходных компонентов [5-10].

Результаты и обсуждение

Показателями процесса перемешивания являются интенсивность и эффективность, а также расход энергии на проведение процесса. При получении эмульсий эффективность перемешивания может характеризоваться размером образующихся частиц дисперсной фазы, а интенсивность – временем достижения цели процесса – однородной структуры при многокомпонентности продукта, при минимальных энергетических затратах.

Для того чтобы определить время достижения результата процесса в качестве оценки можно использовать безразмерную концентрацию. Процесс перемешивания исследовался для перемешивания следующих ингредиентов: сливочное масло, масло арахисовое, масло кукурузное, масло льняное, эмульгатор. Ввиду того что ингредиенты визуально неразличимы, существовала необходимость введения компонента ключевого – трассера, который являлся бы легко определяемыми в отбираемой пробе. Смесь условно принимали двухкомпонентной. Продукт считается однородно перемешанным, если безразмерная концентрация стремится к единице.

Для расчета безразмерной концентрации проба отбиралась в одном и том же месте через один и тот же интервал времени в одном и том же объеме. Безразмерная концентрация N определялась по следующей формуле:

$$N = n_{сч} / n_{общ} \quad (1)$$

где $n_{сч} = N_{сч} / V_{пр}$ – концентрация трассеров в отбираемой пробе, шт./м³; $V_{пр}$ – объем отбираемой пробы, м³; $N_{сч}$ – количество трассеров в отбираемой пробе, шт.; $n_{общ} = N_0 / V$ – общая концентрация частиц, шт./м³; V – объем продукта, м³; N_0 – число вводимых трассеров, шт./

В смесителях периодического действия, процесс смешивания складывается из трех периодов: конвективное смешивание; диффузионное смешивание; сегрегация частиц. В время первых двух периодов качество смеси улучшается, а третий период препятствует этому. Влияние на скорость процесса смешивания оказывает характер движения потоков частиц, который зависит от конструкции и параметров смесителя.

После того как компоненты распределились по рабочему объему смесителя, процессы конвективного и диффузионного смешивания становятся сопоставимыми по их воздействию на общий процесс. Распределения частиц в это время идет на уровне макрообъемов. В определенный момент процесс диффузионного смешивания начинает преобладать. В определенный момент эти процессы могут уравниваться, после чего дальнейшее перемешивание теряет смысл, и процесс должен быть закончен. Анализируя полученные данные, получаем оптимальное время перемешивания соответствует началу процесса сегрегации частиц. Данная методика была опробована на процессе перемешивания при производстве сливочно-растительных спредов функционального назначения.

В таблице 1 приведены результаты эксперимента. Исследования проводились с объемом спреда равном 464 мл. В продукт вводилось 300 шт. трассеров. Среднее содержание ключевого компонента – трассера – в пробах составило 4,64. Температура проведения эксперимента 65 °С, частота вращения рабочего органа 150 об/мин. Результаты расчетов приведены на рисунке 1.

Из рисунка 1 видно, что сегрегация частиц начинается после 4,8 мин перемешивания, следовательно, это время является оптимальным для достижения требуемого результата.

Таблица 1.

Оценка однородности перемешивания и выбор оптимальной частоты вращения рабочего органа

Table 1.

Evaluation of the uniformity of mixing and the choice of the optimal speed of the working body

№	Время, мин Time, min	Количество трассеров в отобранной пробе, шт. Number of tracers in the sample, pcs.	Концентрация, N Concentration, N
1	2	3	4
1	0,5	15	7,73
2	1	10	5,15
3	1,5	7	3,60

Продолжение табл. 1/ Continuation of Table. 1

1	2	3	4
4	2	6	3,09
5	2,5	7	3,60
6	3	3	1,54
7	3,5	2	1,03
8	4	3	1,54
9	4,5	6	3,09
10	5	6	3,09
11	5,5	5	2,57
12	6	4	2,06
13	6,5	4	2,06
14	7	5	2,57
15	7,5	4	2,06

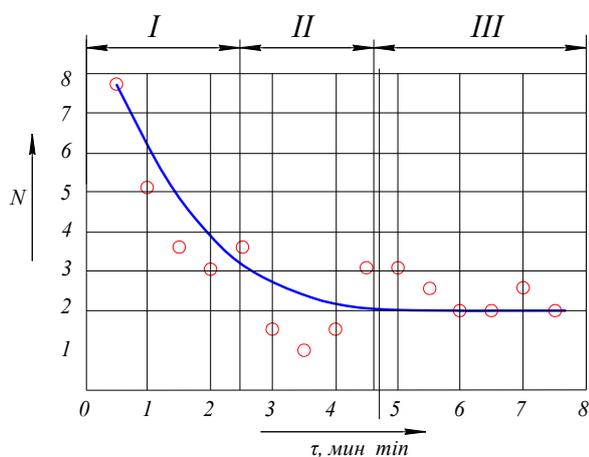


Рисунок 1. Зависимость безразмерной концентрации от продолжительности смешивания

Figure 1. Dependence of the dimensionless concentration on the duration of mixing

Дисперсность является одной из основных характеристик эмульсий, также как и других дисперсных систем. Дисперсность эмульсий определяется диаметром эмульгированных частиц жидкости, имеющих шарообразную форму, либо обратной ей величиной, или выражается удельной межфазной поверхностью. Удельная межфазная поверхность дисперсной системы равна общей поверхности между фазами, деленной на объем дисперсной фазы.

Эффективность перемешивания была оценена по дисперсности эмульсии. Исследования проводились на микроскопе «Микрометр 3» при увеличении в 400 раз. Средний диаметр эмульгированных частиц составил $d = 5 \cdot 10^{-5}$ м, а удельная поверхность эмульсий равна $S_{уд} = 1,2 \cdot 10^5$ 1/м. На фотографиях микроструктуры эмульсии спреда (рисунок 2) видно высокую дисперсность. Чем выше дисперсность эмульсии, тем более стойкой является эмульсия. Таким образом, 4,8 мин перемешивания достаточно

для получения достаточно структурированной эмульсии с высокой дисперсностью, и как следствие лучшей стойкостью к расслаиванию.

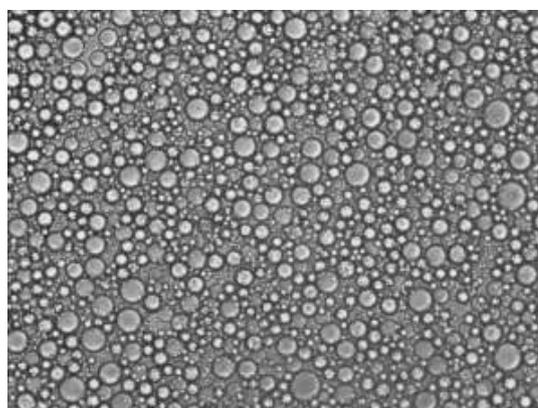


Рисунок 2. Микроструктура эмульсии спреда
Figure 2. Microstructure of the spread emulsion

Разработанная конструкция эмульсера позволяет проводить процесс интенсивного перемешивания (получения равномерной эмульсии) и процесс кристаллизации продукта в одном оборудовании, исключая транспортировку продукта.

Эмульсер (рисунок 3) включает вертикальный корпус, состоящий из трех камер: верхней греющей, нижней смесительной и цилиндрической камеры кристаллизации. В верхней греющей конусообразной камере установлен по винтовой линии полый лоток, выполненный в виде спирали. В полую часть лотка подается горячий теплоноситель. Нагревание исходных компонентов необходимо для понижения их вязкости и равномерного растекания по всей площади обогреваемой поверхности лотка. Верхняя лента лотка по краям имеет выступы, которые способствуют движению продукта по поверхности и предотвращают стекание с его боковых стенок лотка.

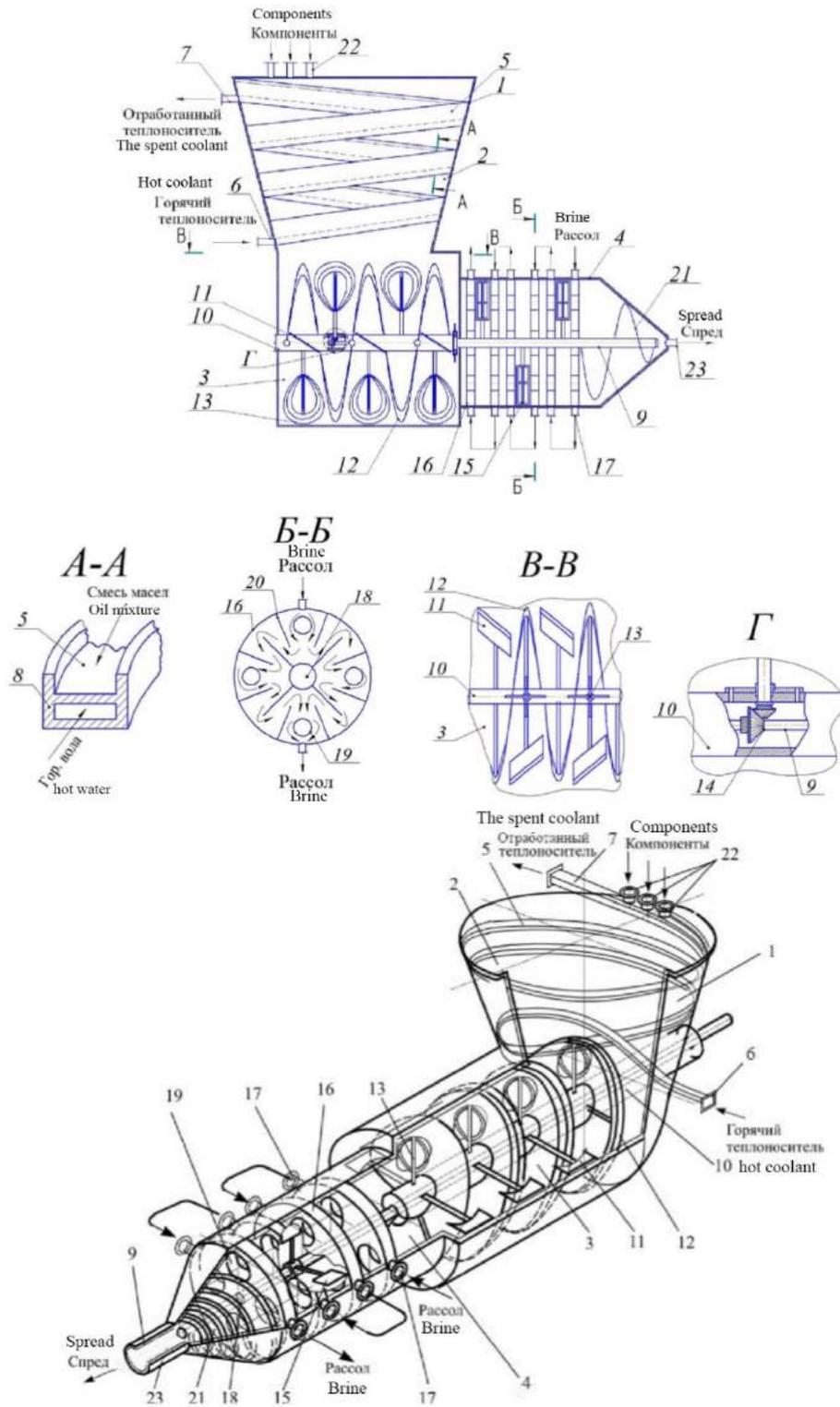


Рисунок 3. Эмульсер. 1 – вертикальный корпус; 2 – греющая камера; 3 – смешивная камера; 4 – винтовой полый лоток; 5, 6 – патрубков; 7 – выступы; 8 – цилиндрическая камера; 9, 10 – тихоходный и быстроходный валы; 11 – скребки; 12 – ленточная спираль; 13 – вертикальные венчиковые смесители; 14 – коническая зубчатая передача; 15 – скребки; 16 – теплообменные пластины; 17 – патрубков; 18 – центральное отверстие теплообменной пластины; 19 – секторное отверстие; 20 – секторные перемычки; 21 – нагнетающий шнек; 22 – загрузочные патрубки; 23 – выгрузочное отверстие

Figure 3. Emulsifier. 1 – vertical housing; 2 – heating chamber; 3 – mixing chamber; 4 – screw hollow tray; 5, 6 – a branch pipe; 7 – ledges; 8 – cylindrical chamber; 9, 10 – low-speed and high-speed shafts; 11 – scrapers; 12 – ribbon spiral; 13 – vertical bell-shaped mixers; 14 – bevel gearing; 15 – scrapers; 16 – heat exchange plates; 17 – tubes; 18 – the central hole of the heat exchange plate; 19 – a sector hole; 20 – sector jumpers; 21 – auger; 22 – loading nozzles; 23 – discharge hole

Нижняя смесительная камера имеет корытообразную форму. Она находится под верхней греющей и соединяется с цилиндроконической камерой. Внутри нижней смесительной и цилиндроконической камеры коаксиально расположены быстроходный и тихоходный валы.

Тихоходный вал расположен внутри быстроходного вала. На быстроходном валу закреплены скребки, ленточная спираль и вертикальные венчиковые смесители. Венчиковые смесители установлены с возможностью вращательного движения от конических зубчатых передач, находящихся между тихоходным и быстроходным валами. Предлагаемая конструкция скребков, ленточной спирали и вертикальных венчиковых смесителей обеспечивает интенсивное перемешивание, доводя их до необходимой степени однородности в соответствии с требованиями технологии.

К внутренней стенке цилиндроконической камеры с равным шагом прикреплены полые теплообменные пластины, последовательно соединенные между собой патрубками для холодного теплоносителя.

В каждой теплообменной пластине кроме центрального отверстия имеются четыре секторных отверстия для прохода продукта. На тихоходном валу, проходящем через цилиндроконическую камеру, между теплообменными пластинами закреплены рамные наклонные скребки.

Внутри полых теплообменных пластин установлены секторные переключки для зигзагообразного движения холодного теплоносителя внутри них, причем секторные отверстия соседних пластин смещены друг относительно друга на 30° . В конце тихоходного вала установлен конусообразный нагнетающий шнек с разным шагом и диаметром, а на выходе из второй камеры – выгрузочное отверстие.

В верхней крышке корпуса имеются загрузочные патрубки для подачи исходных компонентов (например, сливочное масло, растительные масла, эмульгатор и т. п.).

Валы приводятся во вращение с разной частотой от электродвигателей, которые на рисунках 1, 2 не показаны.

Предлагаемый эмульсер работает следующим образом. В полую часть лотка подается горячий теплоноситель (например, горячая вода, пар). Через загрузочные патрубки на поверхность лотка подаются исходные компоненты, например, различные виды масел. Исходные компоненты, нагреваясь от обогреваемой поверхности

лотка, снижают свою вязкость и равномерно растекаются по всей площади наклонной поверхности лотка.

Выполненный по винтовой линии полый лоток обеспечивает эффективное стекание смеси нагретых компонентов. При этом исходные компоненты контактируются между собой, перемешиваются и стекают с поверхности лотка в виде тонкой эмульсионной пленки. Эмульсия представляет собой дисперсию микроскопических частиц одной жидкости в другой. В эмульсию вводят третий компонент (эмульгатор), который предотвращает или замедляет разделение фаз.

Смесь исходных компонентов (растительного масла, эмульгатора, пробиотиков и т. п.), стекает из верхней греющей камеры в нижнюю смесительную камеру.

Затем с помощью приводов приводятся во вращение быстроходный и тихоходные валы. Быстроходный вал с помощью закрепленных на нем скребков, ленточной спирали и вертикальных венчиковых смесителей осуществляет окончательное перемешивание продукта. Предлагаемая конструкция скребков, ленточной спирали и вертикальных венчиковых смесителей обеспечивает интенсивное перемешивание смеси компонентов, доводя их до необходимой степени однородности в соответствии с требованиями технологии.

Затем однородная смесь компонентов подается в цилиндроконическую камеру. Одновременно в полые теплообменные пластины, последовательно соединенные между собой патрубками, подается холодный теплоноситель (например, рассол). Установленные внутри полых теплообменных пластин секторные переключки обеспечивают зигзагообразное движение холодного теплоносителя внутри них.

Тихоходный вал с расположенными на нем рамными наклонными скребками медленно перемещает продукт к выгрузочному отверстию. С помощью подаваемого холодного теплоносителя в цилиндроконической камере охлаждается однородная смесь компонентов до требуемой температуры.

Смесь компонентов подвергается интенсивному и оптимальному термомеханическому воздействию за счет оптимизации характера движения продукта через центральные отверстия и секторные отверстия теплообменных пластин и обеспечения поддержания заданного температурного режима. Этим позволяет придать необходимую однородность и гомогенность структуры получаемого спреда.

Необходимую степень турбулизации перемещаемого рамными наклонными скребками потока обеспечивает смещение друг относительно друга на 30° секторных отверстий соседних пластин.

Охлажденный спред транспортируется конусообразным нагнетающим шнеком к разгрузочному отверстию и затем направляется на фасовку и упаковку.

Заключение

Предложенная методика расчета интенсивности и определения эффективности перемешивания может быть использована для расчетов процесса перемешивания многокомпонентных эмульсий химических и пищевых производств. Использование предлагаемой конструкции

эмульсера позволяет оптимизировать процесс термомеханического воздействия на исходное сырье, различное по своим физико-механическим свойствам, за счет обеспечения поддержания заданного температурного режима в каждой из камер эмульсера и рационального характера движения продукта; расширить область применения за счет достигнутой универсализации механизмов перемешивания с учетом особенностей физико-механических свойств исходных компонентов; получить спреды, сбалансированных по жирнокислотному составу, состоящие из смеси различных компонентов, благодаря решению проблемы равномерного распределения компонентов смеси и наиболее рациональному температурному воздействию на них.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Остриков А.Н., Слюсарев М.И., Горбатова А.В., Шендрик Т.А. Диффузионная модель перемешивания сливочно-растительных спредов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 3 (65). С. 7–12.
- 2 Остриков А.Н., Смирных А.А., Горбатова А.В. Комплексное исследование реологических свойств спреда функциональной направленности // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 1(99). С. 93–96.
- 3 Остриков А.Н., Горбатова А.В. Исследование кинетики процесса перемешивания спредов при переменном теплоподводе // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 2(64). С. 10–13.
- 4 Остриков А.Н., Горбатова А.В. Исследование теплофизических свойств спреда функциональной направленности // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2013. № 2–3. С. 101–103.
- 5 Мусина О.Н., Лосева А.И., Сафонова Е.А., Шулбаева М.Т. и др. Получение эмульсионных продуктов как пример инновационно-проектной деятельности в пищевой отрасли // Пищевая промышленность. 2012. № 9. С. 10–12.
- 6 Голубева Л.В., Долматова О.И., Василенко Л.И., Смольский Г.М. и др. Разработка технологии спреда "Ореховый" // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 1. С. 44–46.
- 7 Покровский Н.В., Меркулова Е.Г. Основные направления производства спредов // Вестник ОрелГИЭТ. 2012. № 4(22). С. 166–169.
- 8 Nkongho R.N., Ncnanji Y., Tataw O., Levang P. Less oil but more money! Artisanal palm oil milling in Cameroon // African Journal of Agricultural Research. 2014. P. 1586–1596.
- 9 Rodrigues J. et al. Modeling and optimization of laboratory-scale conditioning of *Jatropha curcas* L. seeds for oil expression // Industrial Crops and Products. 2016. V. 83. P. 614–619.
- 10 Moses D.R. Performance evaluation of continuous screw press for extraction soybean oil // American journal of science and technology. 2014. V. 1. №. 5. P. 238–242.

REFERENCES

- 1 Ostrikov A.N., Slyusarev M.I., Gorbatova A.V., Shendrik T.A. Diffusion model of mixing creamy-vegetable spreads. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2015. no. 3(65). pp. 7–12. (in Russian)
- 2 Ostrikov A.N., Smirnykh A.A., Gorbatova A.V. Complex research of rheological properties of a spread of a functional orientation. *Vestnik AltGAU* [Proceedings of the Altai State Agrarian University] 2013. no. 1 (99). pp. 93–96. (in Russian)
- 3 Ostrikov A.N., Gorbatova A.V. Investigation of the kinetics of the process of mixing spreads at variable heat supply. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2015. no. 2(64). pp. 10–13. (in Russian)
- 4 Ostrikov A.N., Gorbatova A.V. Research of thermophysical properties of a spread of a functional orientation. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii*. [Proceedings of universities. Food technology] 2013. no. 2–3. pp. 101–103. (in Russian)
- 5 Musina O.N., Loseva A.I., Safonova E.A., Shulbaeva M.T. et al. Reception of emulsion products as an example of innovative and project activity in the food industry. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry] 2012. no. 9. pp. 10–12. (in Russian)
- 6 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Vasilenko L.I., Smolsky G.M. et al. Development of technology of spread "Orekhoviy". *Khranenie i pereabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials] 2013. no. 1. pp. 44–46. (in Russian)
- 7 Pokrovsky N.V., Merkulova E.G. The basic directions of production of spreads. *Vestnik OrelGiET* [Proceedings of OrelSIET] 2012. no. 4 (22). pp. 166–169. (in Russian)
- 8 Nkongho R.N., Ncnanji Y., Tataw O., Levang P. Less oil but more money! Artisanal palm oil milling in Cameroon. *African Journal of Agricultural Research*. 2014. pp. 1586–1596.
- 9 Rodrigues J. et al. Modeling and optimization of laboratory-scale conditioning of *Jatropha curcas* L. seeds for oil expression. *Industrial Crops and Products*. 2016. vol. 83. pp. 614–619.
- 10 Moses D.R. Performance evaluation of continuous screw press for extraction soybean oil. *American journal of science and technology*. 2014. vol. 1. no. 5. pp. 238–242

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Н. Остриков д.т.н., профессор, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, oan@vsuet.ru

Анастасия В. Терёхина к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, gorbatova.nastia@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Александр Н. Остриков консультация в ходе исследования
Анастасия В. Терёхина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 05.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr N. Ostrikov Dr. Sci. (Engin.), professor, Technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, oan@vsuet.ru

Anastasiya V. Terekhina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technology of fats, processes and devices of chemical and food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, gorbatova.nastia@yandex.ru

CONTRIBUTION

Aleksandr N. Ostrikov consultation during the study
Anastasiya V. Terekhina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.5.2018

ACCEPTED 5.22.2018

Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса

Наталья А. Грибова¹ natali-g@bk.ru

Лидия В. Беркетова¹ lidia.berketova@yandex.ru

¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия

Реферат. Осмотическое обезвоживание, благодаря своим преимуществам, связанным с энергетикой и качеством, набирает популярность в качестве дополнительного этапа обработки в цепочке комплексной переработки продуктов. Как правило, осмотическое обезвоживание является медленным процессом, поэтому существует потребность в дополнительных способах увеличения массопереноса без отрицательного влияния на качество продукта. Это дало необходимую мотивацию для многих последних достижений в данной области. Минимальные методы обработки, такие как осмодегидратация, находят значительное место в перерабатывающей промышленности для увеличения срока хранения плодово-ягодного сырья. Общая эффективность процесса определяется параметрами процесса, влияющими на явления массопереноса. Поэтому в данной работе изучены параметры массопереноса при осмотической дегидратации ягодного сырья: земляника садовая, малина, черная смородина, ежевика. Процесс массопереноса был эффективно смоделирован, о чем свидетельствуют полученные результаты. Ягоды, предварительно обезвоженные 70°Brix раствором сахарозы, имеют криоскопическую температуру более низкую от (-1,7°С)–(-4,8°С), чем у обезвоженных 60°Brix раствором сахарозы от (-1,1°С)–(-2,6°С). Количество кристаллизованной воды в ягодах, обезвоженных 60°Brix раствором сахарозы составило от 8,6–10,1%, а в 70°Brix растворе от 13,9–12,9%. Количество вымороженной воды в ягодах, обезвоженных 70°Brix растворе сахарозы от 7,5–40,4%, в обезвоженных 60°Brix раствором сахарозы от 2,3–10,1%. Уменьшение активности воды в ягодах, обработанных 70°Brix раствором составило от 2,8–0,8%, в 60°Brix раствором сахарозы от 1,4–0,3%. Полученные данные свидетельствуют, что за счет осмотической дегидратации ягод раствором сахарозы с последующим замораживанием уменьшается активность воды, что позволяет продлить срок годности и ограничивает доступ роста микроорганизмов в среду.

Ключевые слова: ягодное сырье, осмотическое обезвоживание, раствор сахарозы, активность воды, кристаллизация, криоскопическая температура, вымороженная вода

Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters

Natal'ya A. Gribova¹ natali-g@bk.ru

Lidiya V. Berketova¹ lidia.berketova@yandex.ru

¹ Plekhanov Russian Economic University, Stremyanni lane, 36, Moscow, 117997, Russia

Summary. Osmotic dehydration, due to its advantages related to energy and quality, is gaining popularity as an additional stage of processing in the chain of complex processing of products. As a rule, osmotic dehydration is a slow process, so there is a need for additional methods to increase mass transfer without adversely affecting the quality of the product. This has provided the necessary motivation for many recent achievements in the field. Minimal processing methods, such as osmodehydration, find a significant place in the processing industry to increase the shelf life of fruit and berry raw materials. The overall efficiency of the process is determined by the process parameters affecting the phenomenon of mass transfer. Therefore, in this work the parameters of mass transfer in osmotic dehydration of berry raw materials: strawberry, raspberry, blackcurrant, BlackBerry are studied. The process of mass transfer has been modeled effectively, as evidenced by the results obtained. Berries, previously dehydrated at 70°Brix solution of sucrose, have the cryoscopy temperature lower (-1.7°C)–(-4.8°C), dehydrated at 60°Brix solution of sucrose from (-1.1°C) to (-2.6°C). The number of crystallized water in berries, dehydrated in 60°Brix solution of sucrose made up from 8.6–10.1 %, and in 70°Brix solution from a 13.9–12.9 %. The amount of frozen water in berries, dehydrated 70 ° Brix sucrose solution from 7.5–40.4%, dehydrated 60°Brix sucrose solution from 2.3–10.1%. Reducing the activity of water in berries treated with 70°Brix solution was 2.8–0.8 %, 60°Brix sucrose solution from 1.4–0.3%. The obtained data show that due to osmotic dehydration of berries with a solution of sucrose, followed by freezing, the activity of water decreases, which allows extending the shelf life and limits the access of microorganisms to growth in the environment.

Keywords: berry raw materials, osmotic dehydration, sucrose, water activity, crystallization, cryoscopic temperature, frozen water.

Введение

Сохранение продуктов растительного происхождения для продления срока годности с обеспечением его безопасности и качества, является главной задачей пищевой промышленности. Основной причиной быстрой порчи ягод является высокое содержание в них воды. Для того чтобы увеличить срок хранения данного вида продукта, были опробованы многие методы или комбинации методов. В последнее

время наиболее популярным методом сохранения плодово-ягодного сырья является осмотическая дегидратация различными осмотическими растворами.

Осмотическая дегидратация является одним из лучших и подходящих методов для увеличения срока хранения плодов и ягод. Данный процесс является предпочтительным по сравнению с другими из-за сохранения питательных свойств, витаминов, минералов и органолептических показателей [1].

Для цитирования

Грибова Н.А., Беркетова Л.В. Осмотическая дегидратация ягод: изучение параметров массопереноса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 30–37. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-30-37

For citation

Gribova N.A., Berketova L.V. Osmotic dehydration of berries: study of mass transfer parameters. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 30–37. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-30-37

Процесс осмотического обезвоживания продуктов растительного происхождения включает в себя частичное удаление воды путем погружения в концентрированные водные растворы с высокими осмотическими свойствами в течение заданного времени и температуры [2].

Осмотическая дегидратация – это явление удаления воды из более низкой концентрации растворенного вещества в более высокую концентрацию через полупроницаемую мембрану, что приводит к равновесному состоянию на обеих сторонах мембраны [3, 4].

Осмотический процесс дегидратации представляет собой многокомпонентный процесс диффузии, который включает три типа явлений встречного массопереноса. К ним относятся: отток воды из пищевой ткани в осмотический раствор, перенос растворенного вещества из осмотического раствора в пищевую ткань и выщелачивание собственных растворов (сахара, органических кислот, минералов, витаминов) в осмотический раствор. Последняя передача является количественно незначительна по сравнению с двумя другими типами [4]. Следовательно, движущей силой в этом процессе является различие осмотического давления растворов с обеих сторон полупроницаемой мембраны.

При осмотической дегидратации используют растворенные вещества обычно это сахарный сироп для плодов или ягод. Осмотическая дегидратация – многокомпонентный процесс диффузии в котором поток воды из данных продуктов переходит в раствор вместе с некоторыми компонентами (минералы, витамины, фруктовые кислоты и др.) и движутся к решению при этом сахар мигрирует к продукту [1–3].

Изучение массопереноса

Осмотическое обезвоживание – это процесс массопереноса, который приводит к многочисленным изменениям химического состава и физических свойств продуктов [1–6]. Одним из таких свойств является сорбция воды. Уровень влаги влияет на физические и реологические характеристики продуктов питания [5].

Диффузия воды и низкомолекулярных веществ из структуры ткани при осмотической дегидратации сопровождается противоточной диффузией осмоактивных веществ [10]. Все эти массовые обмены между осмотическим раствором и пищевыми продуктами влияют на общее качество обезвоженного продукта, т. е. на питательную ценность и на органолептические свойства. Следовательно, необходимо учитывать диффузионные и осмотические процессы,

взаимодействия потоков и усадки тканей для точного описания явлений массопереноса при осмотической дегидратации. Так же изучено, что скорость диффузии воды из продукта и поглощения твердых веществ зависят от нескольких факторов: типы и концентрация осмотического агента, температура обработки, перемешивания во время процесса [11–13].

Авторами Bchir B., Shi J. и др. были проведены исследования в области увеличения скорости осмотического массопереноса для сокращения времени обработки [14, 15] и сведены к минимуму поглощения осмотических твердых частиц, поскольку это может серьезно изменить органолептический и питательный профиль продукта [10, 16]. Следовательно, различные факторы, влияющие на процесс и их моделирование важны для оптимизации процесса.

Активность и кристаллизация воды

Осмотическая дегидратация также получила широкое применение в сохранении растительных продуктах в связи с тем, что она снижает в них водную активность [3].

Вода является важным элементом в растительных продуктах. Измерение водной активности имеет важное значение и предоставляет информацию о качестве продукта т. е. о возможности микробиологического роста на поверхности [10].

Активность воды (A_w) определяется как отношение паров давления воды в продукте к давлению пара чистой воды при той же температуре [10, 17–19]. Активность воды показывает, насколько вода связана в продукте, от структурной и химической точки зрения и, следовательно, описывает наличие воды для участия в химических и биохимических реакциях. Известно также, что микробная стабильность пищи во многом зависит от активности воды [18]. Различные микроорганизмы требуют различных уровней A_w для их роста. Активность воды выражается в безразмерных единицах шкалы от нуля до единицы, при этом чистая вода соответствует активности воды 1.00 [10]. Следовательно, чем меньше массовая доля воды в продукте, тем ниже активность воды, что подтверждается научными данными [10, 17, 18].

В своих научных трудах авторы Beuchart и Prothon утверждают, что микробная пролиферация не происходит, когда $A_w \leq 0.5$, но предполагается, что микробиологическая безопасность обеспечивается при значении $A_w \leq 0.6$ [10, 18–20]. Общий способ представления отношений между A_w и содержания воды является сорбционная

изотерма [10, 18, 19], однако нет прямой взаимосвязи между этими двумя параметрами. Поэтому форма кривой зависит, прежде всего, от состава и структуры материала, температуры и давления [10]. Для большинства пищевых продуктов самым разносторонним и подходящим считается диапазон водной деятельности 0–0.85 [10].

В своих исследованиях Klewicki и др. утверждают, что знание характеристик сорбции воды важно для определения срока годности при хранении критической влаги и для приемлемости продуктов, которые теряют абсорбционную влагу [10]. Изучение содержания воды во время хранения поможет совершенствовать продукцию в качестве, и сократить время для оценки срока годности. Активность воды, позволяет оценить степень подверженности продуктов с промежуточной влажностью микробиологической и другой порче. Контролируя функционально-технологические показатели в продукте и, в частности, показатель A_w , можно прогнозировать его пригодность к хранению, что позволяет определить и создать оптимальные условия хранения продукта после размораживания для дальнейшей реализации [10, 21].

Изучение температур кристаллизации воды в ягодной продукции и определение количества кристаллизованной воды при этих температурах является особенно важным для теоретического обоснования режимов замораживания ягод. Количество вымороженной воды или кристаллизованной воды принято называть относительное количество воды, превратившейся в лед при данной температуре кристаллизации, отнесенное к общему количеству воды в продукте (в %). Количество вымороженной воды зависит только от свойств продукта и температуры, до которой заморожен продукт [22, 23].

Процесс массопереноса был смоделирован на основе изучения осмотической дегидратации раствором сахарозы с последующим выявлением криоскопической температуры, количества вымороженной воды и активности воды.

Ягоды обладают высокой влагоудерживающей способностью из-за различия в составе их клеточных стенок. Влагоудерживающая способность ягод при замораживании снижается из-за того, что кристаллы льда повреждают клеточные мембраны. Поэтому существенное значение имеет предварительная подготовка сырья к замораживанию, для получения высококачественной продукции. Известно, что при размораживании ягоды размягчаются и для того чтобы лучше сохранить структуру ягод

необходимо замораживание проводить до наступления стадии биологической зрелости. На первоначальном этапе необходимо особенно уделить внимание сырью, необходимо отобрать сырье соответствующей степени зрелости и пригодное для замораживания.

Также известно, что основным недостатком метода замораживания является изменение структуры ткани в ягодном сырье. При замораживании структура продуктов изменяется, происходит сдавливание и разрыв клеток, прокалывание их кристаллами льда [22, 23]. Поэтому замораживание должно быть без значительного повреждения, чтобы травмирующее действие кристаллов на клетки и ткани было минимальным.

В результате чего необходимо предварительно защитить ягодное сырье от существенных повреждений во время замораживания. Следовательно, для защиты или от разрушения структуры ягодного сырья, применим метод осмотической дегидратации с использованием растворенного вещества – раствор сахарозы, для частичного удаления воды.

Основной целью работы является, снижение активности воды, увеличение сахара и удаление воды из ягодного сырья в целях повышения их стабильности при хранении за счет осмотической дегидратации.

Материалы и методы

На первом этапе были отобраны ягоды (земляника садовая, малина, ежевика, черная смородина) пригодные для замораживания, прошедшие первичную подготовку (сортировка, калибровка, удаление растительных элементов), далее подвергались процессу обезвоживания раствором сахарозы при заданной концентрации 60°Brix и 70°Brix с временной выдержкой (от 1 – 4 часов) в соответствии с видом продукта. Обезвоженные ягоды подвергались методу термического анализа для определения начала кристаллизации, активности и вымороженной воды в сравнении с контрольным образцом. За основу контрольного образца было взято не обезвоженное раствором сахарозы ягодное сырье.

Результаты и обсуждение

Изучение процесса кристаллизации воды даст большой объем информации не только о состоянии воды внутри клеток и межклеточного пространства, но и в исследуемых объектах в целом.

При изучении зависимости теплоемкости образцов по температуре фазового перехода вода-лед получены достаточные экспериментальные данные о количестве замерзшей (свободной)

и незамерзшей (стесненной) воды во всех пробах по отношению к их начальной влажности [24]. Полученные данные станут основой для разработки технологического процесса замораживания с использованием метода осмотической дегидратации раствором сахарозы различных растительных материалов.

Определение криоскопической температуры необходимо для выявления количества вымороженной и активности воды. Криоскопическую температуру ягод осуществляли методом термического анализа. В результате термического анализа определена температура начала кристаллизации воды при различной концентрации растворов сахарозы в ягодной продукции (рисунок 1).

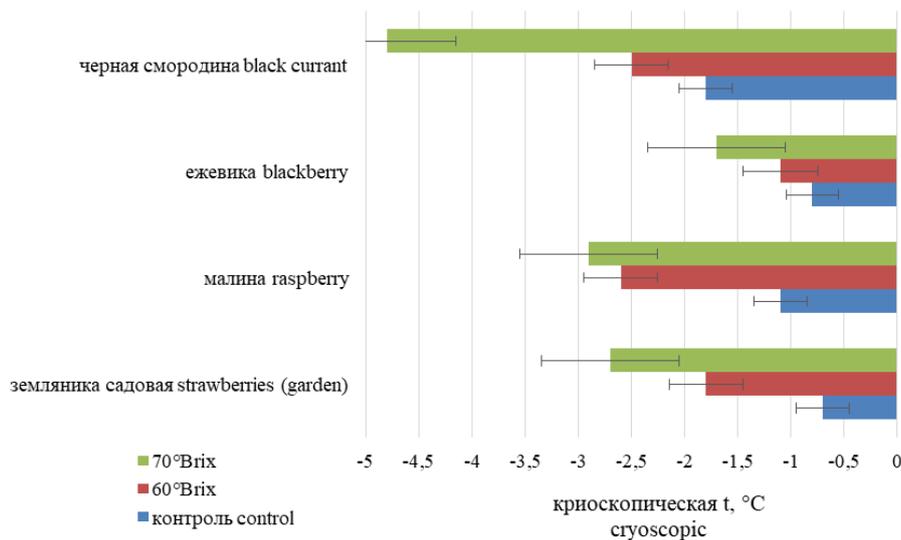


Рисунок 1. Влияние осмотической обработки ягод на криоскопическую температуру
Figure 1. Effect of osmotic processing of berries on cryoscopic temperature

Начальная криоскопическая температура в контрольных образцах составила: земляника (-0,7 °C), малина (-1,1 °C), ежевика (-0,8 °C), черная смородина (-1,8 °C). Криоскопическая температура ягод, осмотически обезвоженных раствором сахарозы с 60°Brix концентрацией составила: земляника садовая (-1,8 °C), малина (-2,6 °C), ежевика (-1,1 °C), черная смородина (-2,5 °C); обезвоженные 70°Brix: земляника садовая (-2,7 °C), малина (-2,9 °C), ежевика (-1,7 °C), черная смородина (-4,8 °C). Полученные результаты указывают на то, что ягоды, обработанные 60°Brix раствором сахарозы, еще содержат небольшое количество воды, чем у ягод, обработанных 70°Brix раствором.

Согласно полученным результатам, а также данным, представленным в литературных источниках [25–27], чистая вода замерзает при 0 °C, при этом для натуральных пищевых продуктов криоскопическая температура близка к 1 °C. Данная температура зависит от концентрации раствора, свойств растворителя и степени диссоциации растворенных веществ, поэтому чем больше в тканевых соках пищевых продуктов растворенных веществ, тем ниже точка их замерзания. В результате получено, что начальная криоскопическая температура в ягодах, обезвоженных более насыщенным раствором (70°Brix) ниже чем у ягод, обезвоженных 60°Brix раствором

сахарозы из-за содержания в них меньшего количества влаги и значительно ниже контрольных образцов, что способствует меньшему изменению структуры и минимальному травмирующему действию кристаллами льда на клетки и ткани.

Выбор оптимальной температуры замораживания основывается на том факте, что минимальная температура плавления кристаллизованной воды (данный показатель получается экспериментальным методом) значительно выше максимальной ограничивающей температуры. Это связано с переохлаждением при замораживании среднесрочных эвтектических смесей, что задерживает последующую кристаллизацию [26–28]. Поэтому растительное сырье следует охлаждать до более низких температур. Индекс экстремальной температуры переохлаждения определяется свойствами охлаждаемого объекта и характеристиками веществ, находящихся в одной и той же среде.

Анализ представленных результатов показывает, что клеточная и тканевая вода под влиянием процессов охлаждения и замораживания кристаллизуется по-разному из-за различных состояний: одна часть воды остается свободной, а другая строго фиксируется физико-химическими связями с поверхностью реактивно-ответственных макромолекулярных групп. Гидрофильные биополимеры способны удерживать определенное

количество свободной и стесненной воды, которая не замерзает при достаточно низких температурах, внутри клетки и в ее ближайшем окружении [26, 27].

На основании температуры начала кристаллизации воды, была выявлена активность воды и количество вымороженной воды

в исследуемых ягодах при заданной концентрации раствора сахарозы. Полученные результаты указывают (рисунок 2), что количество кристаллизованной воды в ягодах, обезвоженных 60°Brix раствором сахарозы составило от 2,3–10,1% в 70°Brix растворе сахарозы от 7,5–40,4% в соответствии с контрольными образцами.

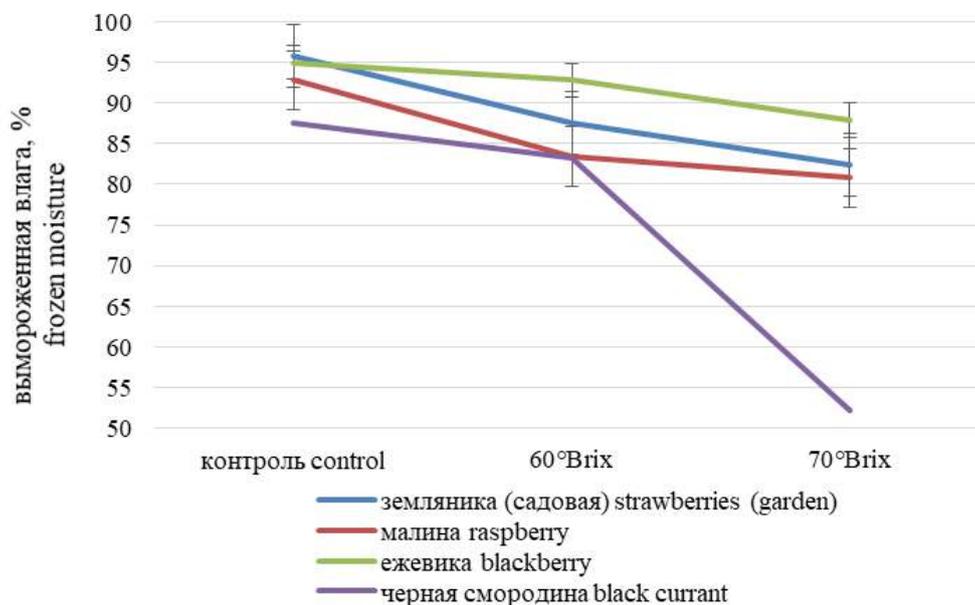


Рисунок 2. Количество вымороженной влаги в ягодах

Figure 2. The amount of frozen moisture in the berries

Уменьшение активности воды в ягодах, обезвоженных 70°Brix раствором составило от 0,8–2,8%, а обезвоженные 60°Brix раствором сахарозы от 0,3–1,4%, в соответствии с контрольными образцами (рисунок 3). В результате полученные

данные свидетельствуют, что за счет уменьшения активности воды в ягодах увеличится срок годности готового продукта и ограничит доступ для роста микроорганизмов в их среду.

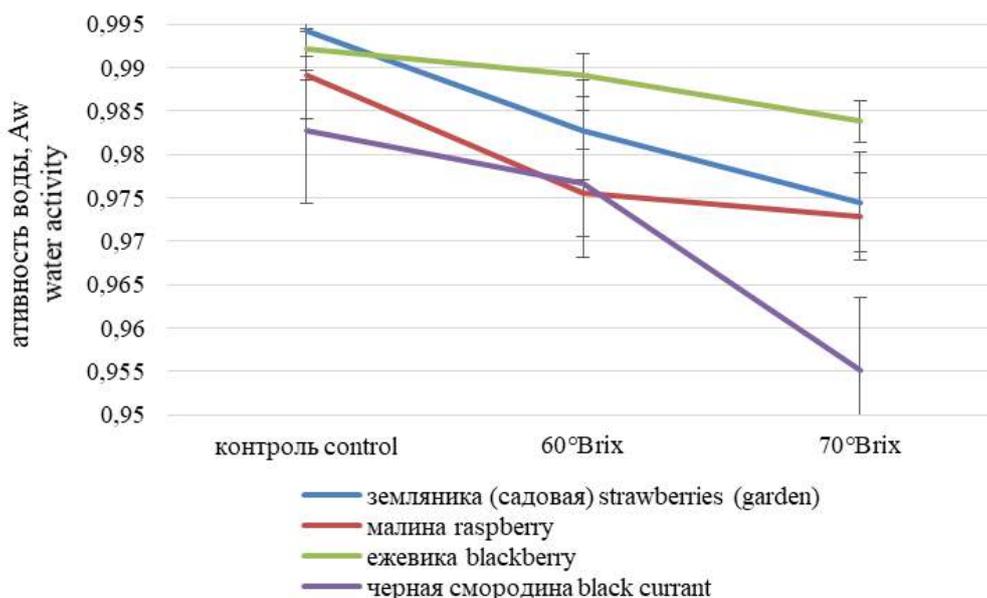


Рисунок 3. Влияние осмотической обработки ягод на активность воды

Figure 3. Effect of osmotic processing of berries on the activity of the water

Следовательно, обезвоживание ягод более насыщенным раствором сахарозы перед замораживанием позволит получить продукцию лучшего качества и более высокой сохраняемости, чем при замораживании ягод, обезвоженных раствором меньшей концентрации, и существенно качественнее необработанной продукции. А также предварительная осмотическая обработка позволит снизить структурные изменения продукта и улучшить потребительские свойства ягод и после размораживания.

Кроме того, применение 70°Brix концентрации раствора сахарозы приводит к меньшему образованию числа кристаллов льда и повреждению клеток и ткани при замораживании.

Заключение

В результате проведенной работы выявлены основные закономерности процессов осмотического обезвоживания и последующего замораживания, выполненные эксперименты

ЛИТЕРАТУРА

1 Chavan U.D. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables // Journal of Food Research. 2012. V. 1. № 2. P. 202–209.

2 Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review // J Food Sci Technol. 2014. № 51 (9). P. 1654–1673.

3 Khan M.R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation – A review // Pakistan Journal of Food Sciences. 2012. № 22(2). P. 71–85.

4 Charles T., John O., Anthony B. Multilinear Regression Approach in Predicting Osmo-Dehydration Processes of Apple, Banana and Potato // J Food Process Technol. 2011. № 2. P. 1–6.

5 Rimac-Brcic S., Sabolovic M.B., Zlabur J.S., Jelovecki M. Colour stability and antioxidant activity of some berry extracts // Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition. 2015. № 11(3-4). P. 115-119.

6 Devic E., Guyoi S., Daudin J., Bonazzi C. Effect of temperature and cultivar on polyphenol retention and mass transfer during osmotic dehydration of apples // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. № 58. P. 606–614.

7 Mundada M., Hathan S.B., Maske S. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils // Journal of Food Science. 2011. № 76. P. 31–39.

8 Bolin H.R., Huxsoll C.C., Jackson R, Ng K.C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality // J Food Sci. 2010. № 48(1). P. 202–205.

9 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds: mass transfer kinetics and DSC characterization // Intl J Food Sci Technol. 2009. № 44. P. 2208–2217.

10 Klewicki By R., Konopacka D., Uczciwek M. Sorption isotherms for osmo-convectively-dried and osmo-freezedried apple, sour cherry, and blackcurrant // Journal of Horticultural Science & Biotechnology. ISAFRUIT Special Issue. 2009. P. 75–79.

11 Jansrimanee S., Lertworasirikul S. Effect of sodium alginate coating on osmotic dehydration of pumpkin // International Food Research Journal. 2017. № 24(5). P. 1903-1909.

12 Фролова Г.М., Новак С.А., Беспалова О.В., Булкин М.С. и др. Влияние условий сушки на состав и качество сапонинсодержащего эмульгатора из корней *saponaria officinalis L.* // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 8. С. 12–14.

подтвердили положительное влияние осмотического обезвоживания раствором сахарозы на качество замороженных ягод. установлено, что при увеличении доли сахаров происходит снижение активности воды в ягодах и увеличение доли вымороженной воды в продукте.

Подводя итог выше сказанному, осмотическое обезвоживание ягодного сырья раствором сахарозы с заданной концентрацией и с последующим его замораживанием показывает, что можно получить высококачественный продукт с длительным сроком годности и ограниченным микробиологическим ростом на его поверхности. Ведь сохранение качества является основной и главной задачей в характеристике переработанной ягодной продукции. В результате полученный продукт может использоваться как основной, так и в качестве ингредиента в другие функциональные продукты.

13 da Conceição S. M.A., da Silva Z.E., Mariani V.S., Darce S. Mass transfer during the osmotic dehydration of West Indian cherry // LWT – Food Science and Technology. 2012. № 45. P. 246–252.

14 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica ranatum L.*): effect of freezing pre-treatment // J Food Process Eng. 2012. № 35. P. 335–354.

15 Bhagyashree N. P., Suchita V. G., Vaishali R. W. Response Surface Methodology of Osmotic Dehydration for Sapota Slices // International Journal of Agriculture and Food Science Technology. 2014. № 5(4). P. 249-260.

16 Phisut N. Mini Review Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits // Int Food Res J. 2012. № 19. P. 7–18.

17 Калацевич Н.Н., Мурашев С.В., Вержук В.Г. Влияние активности воды на естественную убыль массы плодово-ягодной продукции при холодильном хранении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2012. № 1. С. 31–47.

18 Puente L.A., Pinto-Munoz C.A., Castro E.S., Cortes M. Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review // Food Res. Int. 2011. № 44. P. 1733–1740. doi: 10.1016/j.foodres.2010.09.034.

19 Vasquez-Parra J.E., Ochoa-Martinez C.I., Bustos-Parra M. Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits // J. Food Eng. 2013. № 119. P. 648–654. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.06.037.

20 Nawirska-Olszańska A., Stępień B., Biesiada A., Kolniak-Ostek J. et al. Chemical and Physical Characteristics of Golden Berry after Convective and Microwave Drying // Journal List Foods. 2017. № 6(8). V. 60. P. 2–11. doi:10.3390/foods6080060.

21 Simakhina G., Naumenko N., Khalapsina S. Studying the phase transitions “Water – ice” in plant raw materials // Ukrainian Journal of Food Science. 2013. V. 1. № 2. P. 181–187.

22 Баранов Б.А., Грибова Н.А. Осмотическая обработка ягодной продукции перед замораживанием // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. № 10. С. 17–20. 22

23 Johnston J.C., Molinero V. Crystallization, melting, and structure of water nanoparticles at atmospherically relevant temperatures // J Am Chem Soc. 2012. № 134(15). doi: 10.1021/ja210878c.

24 Koua B.K., Koffi P.M., Gbaha P., Toure S. Thermodynamic analysis of sorption isotherms of cassava (*Manihot esculenta*) // J Food Sci Technol. 2014. № 51(9). P. 1711–1723.

25 Akharume F.U., Singh K., Sivanandan L., Characteristics of apple juice and sugar infused fresh and frozen blueberries // LWT – Food Science and Technology. 2016. № 73. P. 448–457.

26 Giovanelli G., Brambill A., Rizzolo A., Sinelli N. Effects of blanching pre-treatment and sugar composition of the osmotic solution on physico-chemical, morphological and antioxidant characteristics of osmodehydrated blueberries *Vaccinium corymbosum* L // Food Res. Int. 2012. № 49. P. 263–271.

27 Giovanelli G., Brambilla A., Sinelli N. Effects of osmo-air dehydration treatments on chemical, antioxidant and morphological characteristics of blueberries // LWT – Food Sci. Technol. 2013. № 54. P. 577–584.

28 Подледнева Н.А., Максименко Ю.А., Алексанян И.Ю. Гигроскопические характеристики и термодинамика внутреннего массопереноса при взаимодействии лактобактерий и воды. // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. №3. С. 21–23

REFERENCES

1 Chavan U.D. Osmotic Dehydration Process for Preservation of Fruits and Vegetables. Journal of Food Research. 2012, vol. 1, no 2, pp. 202–209.

2 Yadav A.K., Singh S.V. Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. J Food Sci Technol. 2014, vol. 51 (9), pp. 1654–1673.

3 Khan M.R. Osmotic dehydration technique for fruits preservation – A review. Pakistan Journal of Food Sciences. 2012, no 22(2), pp. 71–85.

4 Charles T., John O., Anthony B. Multilinear Regression Approach in Predicting Osmo-Dehydration Processes of Apple, Banana and Potato. J Food Process Technol. 2011, no 2. pp. 1–6.

5 Rimac-Brcic S., Sabolovic M.B., Zlabur J.S., Jelovecki M. Colour stability and antioxidant activity of some berry extracts. Croatian Journal of Food Technology, Biotechnology and Nutrition. 2015, no 11(3-4), pp. 115-119.

6 Devic E., Guyoi S., Daudin J., Bonazzi C. Effect of temperature and cultivar on polyphenol retention and mass transfer during osmotic dehydration of apples. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010, no 58, pp. 606–614.

7 Mundada M., Hathan S.B., Maske S. Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of pomegranate arils. Journal of Food Science. 2011, no 76, pp. 31–39.

8 Bolin H.R., Huxsoll C.C., Jackson R, Ng K.C. Effect of osmotic agents and concentration on fruit quality. J Food Sci. 2010, no 48(1), pp. 202–205.

9 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds: mass transfer kinetics and DSC characterization. Intl J Food Sci Technol. 2009, no 44, pp. 2208–2217.

10 Klewicki By R., Konopacka D., Uczciwek M. Sorption isotherms for osmo-convectively-dried and osmo-freezedried apple, sour cherry, and blackcurrant. Journal of Horticultural Science & Biotechnology. ISAFRUIT Special Issue. 2009, pp. 75–79.

11 Jansrimanee S., Lertworasirikul S. Effect of sodium alginate coating on osmotic dehydration of pumpkin. International Food Research Journal. 2017, no 24(5), pp. 1903-1909.

12 Frolova G.M., Novak S.A., Bespalova O.V., Bulkin M.S. et al. Influence of drying conditions on composition and quality of saponin-containing emulsifier from *saponaria officinalis* L. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2013, no 8, pp. 12–14 (in Russian).

13 da Conceição S. M.A., da Silva Z.E., Mariani V.S., Darche S Mass transfer during the osmotic dehydration of West Indian cherry. LWT – Food Science and Technology. 2012, no 45, pp. 246–252.

14 Bchir B., Besbes S., Attia H., Blecker C. Osmotic dehydration of pomegranate seeds (*Punica ranatum* L.): effect of freezing pre-treatment. J Food Process Eng. 2012, no 35, pp. 335–354.

15 Bhagyashree N.P., Suchita V. G., Vaishali R. W. Response Surface Methodology of Osmotic Dehydration for Sapota Slices. International Journal of Agriculture and Food Science Technology. 2014, vol. 5. no 4, pp. 249-260.

16 Phisut N. Mini Review Factors affecting mass transfer during osmotic dehydration of fruits. Int Food Res J. 2012, no 19, pp 7–18.

17 Kalatsevic N.N., Murashev S.V., Vergy V.G. Influence of water activity on the natural loss weight fruit products during refrigerated storage. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsestry i apparaty pishchevykh proizvodstv*. [Scientific journal NRU ITMO. Series: food production Processes and devices], 2012, no 1, pp. 31–47 (in Russian).

18 Puente L.A., Pinto-Munoz C.A., Castro E.S., Cortes M. Linnaeus, the multiple properties of a highly functional fruit: A review. Food Res. Int. 2011, no 44, pp. 1733–1740. doi: 10.1016/j.foodres.2010.09.034.

19 Vásquez-Parra J.E., Ochoa-Martínez C.I., Bustos-Parra M. Effect of chemical and physical pretreatments on the convective drying of cape gooseberry fruits. J. Food Eng. 2013, no 119, pp. 648–654. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.06.037.

20 Nawirska-Olszańska A., Stępień B., Biesiada A., Kolniak-Ostek J. et al. Chemical and Physical Characteristics of Golden Berry after Convective and Microwave Drying. Journal List Foods. 2017, no 6(8). 60, pp. 2–11. doi:10.3390/foods6080060.

21 Simakhina G., Naumenko N., Khalapsina S. Studying the phase transitions “Water – ice” in plant raw materials. Ukrainian Journal of Food Science. 2013, vol. 1. no 2, pp. 181–187.

22 Baranov B.A., Gribova N.A. Osmotic treatment of berries prior to freezing. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2009, no 10, pp. 17–20. (in Russian).

23 Johnston J.C., Molinero V. Crystallization, melting, and structure of water nanoparticles at atmospherically relevant temperatures. J Am Chem Soc. 2012, no. 134(15). doi: 10.1021/ja210878c.

24 Koua B.K., Koffi P.M., Gbaha P., Toure S. Thermodynamic analysis of sorption isotherms of cassava (*Manihot esculenta*). J Food Sci Technol. 2014, no 51(9), pp. 1711–1723.

25 Akharume F.U., Singh K., Sivanandan L., Characteristics of apple juice and sugar infused fresh and frozen blueberries. *LWT – Food Science and Technology*. 2016, no. 73, pp. 448–457.

26 Giovanelli G., Brambill A., Rizzolo A., Sinelli N. Effects of blanching pre-treatment and sugar composition of the osmotic solution on physico-chemical, morphological and antioxidant characteristics of osmodehydrated blueberries *Vacciniu-mcorymbosum* L. *Food Res. Int.* 2012, no 49, pp. 263–271.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья А. Грибова к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, natali-g@bk.ru

Лидия В. Беркетова к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, г. Москва, 117997, Россия, lidia.berketova@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья А. Грибова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Лидия В. Беркетова обзор литературных источников по исследуемой проблеме

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 30.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.05.2018

27 Giovanelli G., Brambilla A., Sinelli N. Effects of osmo-air dehydration treatments on chemical, antioxidant and morphological characteristics of blueberries. *LWT – Food Sci. Technol.* 2013, no 54, pp. 577–584.

28 Podledneva N.A., Maksimenko Y.A., Aleksanyan I.Y. Hygroscopic characteristics and thermodynamics internal carrying over of weights at interaction lactobacteria and water. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2012. no. 3. pp. 21-23. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natal'ya A. Gribova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, natali-g@bk.ru

Lidiya V. Berketova Cand. Sci. (Engi.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian Economic University, Stremyanniy lane, 36, Moscow, 117997, Russia, lidia.berketova@yandex.ru

CONTRIBUTION

Natal'ya A. Gribova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Lidiya V. Berketova review of the literature on an investigated problem

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.30.2018

ACCEPTED 5.7.2018

Автоматизация предприятий общественного питания с использованием современных цифровых технологий: программ Arduino IDE, OPC Modbus и Master Scada

Владимир В. Русанов¹ kafedrates@mail.ru
Виталий И. Перов¹ perov-vitaliy@bk.ru
Михаил А. Самойлов¹ Mi1995@yandex.ru

¹ Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия

Реферат. В статье рассмотрено пошаговое действие по использованию трех компьютерных программ: «Arduino IDE», «Modbus OPC Universal Master Server» и «Master Scada» для создания проектов автоматизации предприятий общественного питания. Фактическое повторение приведенного в работе примера автоматизации горячего цеха позволяет освоить методы проектирования на базе современных цифровых технологий. В представленных методах автоматизации для измерения параметров технологических процессов производства блюд на предприятиях общественного питания мы рекомендуем использовать интегральные датчики. Существующие датчики температуры, давления, перемещения, влажности хорошо адаптируются с современными микроконтроллерами, что позволяет создавать компактные недорогие устройства первичного сбора и обработки информации. На примере созданного в работе OPC-сервера показан метод передачи собранной информации в компьютер диспетчера, следящего за процессами варки продуктов в горячем цеху предприятий общественного питания. Диспетчерский пульт управления процессом разработан на базе программы «Master Scada». Это одна из наиболее широко используемых для автоматизации программ, где разработчики указывают на ее применение в таких компаниях как «Газпром» и «Росатом». Широкие возможности программы позволяют в трехмерной графике представлять объекты автоматизации, динамизировать исполнительные и регулирующие механизмы, находящиеся на экране перед диспетчером. Данный в работе практический пример ограничен тремя мнемосхемами, первая из которых является заставкой горячего цеха с меню перехода на мнемосхему управления пищеварочным котлом и электрическим жарочным шкафом. При переходе на мнемосхему пищеварочного котла оператор (диспетчер) видит степень заполнения котла варочной жидкостью, температуру этой жидкости, время варки. С помощью кнопок управления оператор способен внести изменения в программу приготовления своего блюда. Также программа следит за аварийными режимами, в частности за недопущением сухого хода.

Ключевые слова: микроконтроллер, OPC сервер, мнемосхема, пищеварочный котел.

Automation of public catering enterprises using modern digital technologies: Arduino IDE, OPC Modbus and Master Scada programs

Vladimir V. Rusanov¹ kafedrates@mail.ru
Vitalii I. Perov¹ perov-vitaliy@bk.ru
Mikhail A. Samoilov¹ Mi1995@yandex.ru

¹ Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny per., 36, Moscow, 11997, Russia

Summary. In the article, the using of three computer programs was considered step-by-step. These programs are "Arduino IDE", "Modbus OPC Universal Master Server" and "Master Scada". They are using for creating projects of automation for public catering enterprises. There is an example of automation of the hot shop in this article, which demonstrates us the methods of engineering based on the modern digital technologies. If you want to learn how to create the projects using these programs, for the beginning, we recommend you to repeat our demonstration project. In the represented methods, we recommend using the integrated sensors for measuring options of technological processes of production dishes. Modern sensors of temperature, pressure, moving and humidity are adapting with microcontrollers very good. This fact allows to create compact, inexpensive devices for primary collection and processing of information. There was been showed the method of transferring of collected information to the computer of the supervisor on the example of created OPC-server. The supervisor can look for the processes, which are happening in the hot shop of the public catering establishment. The supervisor's remote control is developed on the base of the «Master Scada» program. This is one of the most popular automation program. Creators of the «Master Scada» say that this program is widely used in such companies as «Gazprom» and «Rosatom». The wide possibilities of this program allow us in the three-dimensional graph to represent the objects of automation, to accelerate the executive and regulating mechanisms that are on the screen in front of the dispatcher. The practical example, which was demonstrated in this article, is limited by three mnemonic diagrams. First of them is the splash screen of the hot shop with the menu of the transiting to the mnemonic diagram of the controlling of the food-brewing boiler and the electrical frying cupboard. If operator switches over to mnemonic diagram of the food-brewing boiler, he sees the degree of filling boiler by the cooking liquor, the temperature of this liquor and time of the cooking. Using the control buttons operator can make changes to the program of cooking his dish. The program also looks for emergency modes, in particular, to prevent dry running.

Keywords: microcontroller, OPC server, mnemonic diagram, digestion boiler.

Для цитирования

Русанов В.В., Перов В.И., Самойлов М.А. Автоматизация предприятий общественного питания с использованием современных цифровых технологий: программ Arduino IDE, OPC Modbus и Master Scada // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 38–44. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-38-44

For citation

Rusanov V.V., Perov V.I., Samoylov M.A. Automation of public catering enterprises using modern digital technologies: Arduino IDE, OPC Modbus and Master Scada programs. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 38–44. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-38-44

Введение

Три компьютерные программы, перечисленные в заголовке статьи, позволяют разрабатывать проекты автоматизации технологических процессов различной сложности.

Arduino IDE – предназначена для создания управляющих программ и прошивки микроконтроллеров. Различная производительность выпускаемых микроконтроллерных плат, от Arduino Nano до Arduino Mega, позволяет выбрать оптимальный вариант экономической целесообразности при планировании создаваемого проекта [1].

OPC Modbus – позволяет создать сервер передачи информационных сигналов от микроконтроллерной платы на диспетчерский компьютер.

Master Scada – как любая другая skada, предназначена для приема сигналов от контроллеров и создания мнемосхем на пунктах диспетчеризации.

Из рекламных роликов разработчика, Master Scada использовалась в проектах Газпрома, при автоматизации атомных электростанций, нефтяных платформ и т. п.

Результаты и обсуждение

Как создается проект, рассмотрим на конкретном примере автоматизации горячего цеха предприятия общественного питания.

Первый шаг, это разработка плана проекта. Здесь отмечаются объекты автоматизации, подбираются датчики определения параметров на всех этапах технологического процесса, рассматриваются исполнительные механизмы и устройства, которыми осуществляется процесс. В нашем проекте технолог (шеф повар), следит за приготовлением пищи в варочном котле, сидя перед диспетчерским пультом управления.

Он должен видеть:

А) Общий вид горячего цеха;

Б) Выбор (меню) любого оборудования для определения его состояния;

Г) При открытии мнемосхемы конкретного устройства (котла или плиты) иметь представление о состоянии объекта и параметрах идущего там процесса.

В выбранном нами варочном котле готовятся бульоны, первые блюда, напитки, проводится кипячение молока.

Как правило, вначале, жидкость, помещенная в котел, доводится до кипения, а затем определенное время идет варка при пониженной мощности.

Следовательно, необходимы датчики для определения уровня жидкости и температуры

продукта в варочном сосуде, часы для определения времени, устройство отключения котла в аварийных ситуациях (сухой ход, отсутствие продукта в варочном пространстве).

Второй шаг – создание и проверка работы программы управления на микроконтроллерной плате (Используем программу Arduino IDE).

Перед началом работы необходимо скопировать папки Dallas Temperature и Simple Modbus SlaveV9 в папку arduino/libraries. Эти две папки являются библиотеками для работы arduino с датчиком температуры DS18B20 [2] и программой Modbus Universal Master OPC Server. Далее выполняем по пунктам:

А) Выбираем конкретную микроконтроллерную плату, например – «Arduino Uno».

Б) Подключаем ее к компьютеру и запускаем программу «Arduino IDE»

В) Создаем управляющую программу и прожигаем ПЗУ микроконтроллера.

Г) Подключаем к микроконтроллеру датчики измерения параметров и приборы, моделирующие работу исполнительных устройств котла.

Д) Проверяем работоспособность, устраняем недостатки.

На этом шаге желательно вначале разработать алгоритм управляющей программы. Для нашего случая управления варочным котлом порядок работы алгоритма следующий:

1. После включения микроконтроллера проходит загрузка начальных данных (задаются константы и имена переменных, подключаются необходимые библиотеки для обслуживания датчиков и индикаторных устройств пульта управления).

2. Измеряются параметры (отсутствие сухого хода, наличие жидкости в варочном сосуде).

3. В результате измерений проводится ветвление (либо выдача аварийного сигнала, либо переход на нагрев жидкости до кипения).

4. Измеряется температура и объем жидкости, в результате измерений диспетчером выдаются команды на добавление жидкости или перехода на следующие этапы варки.

5. При достижении температуры кипения происходит переключение мощности и, диспетчер по часам программы выбирает время варки.

Если создаем программу управления работой всего оборудования горячего цеха, в нее добавляется код каждого агрегата и алгоритм его управления, подобный рассматриваемому варианту варочного котла.

Скетч для управления котлом составленный нами по данному алгоритму представлен ниже.

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
#define TEMPERATURE_PRECISION 9
intsenPin =A0; // устанавливаем вход-
ную ногу для АЦП
intsenValue = 0; // начальное цифро-
вое значение
intRELE = 13; // Выбираем выход ава-
рийного сигнала
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sen-
sors(&oneWire); //Первый sensor
подключен к библиотеке
floattemp1 = 0; // переменная для
температуры первого датчика
DeviceAddressThermometer1 = {
0 x28, 0xFF, 0 x09, 0 x16, 0 x63,
0 x04, 0 x00, 0xF0}; // адрес датчика
температуры
voidsetup()
{
pinMode(RELE, OUTPUT); // настраиваем
выход аварийного отключения
pinMode(5, INPUT); // настраиваем 5
входсухого хода
sen-
sors.begin(9600); //настройкамонитора
sensors.setResolution(9);
// для 3 датчиков
}
void loop()
{
booleanсухоу =digitalRead(5); // за-
носим значение сухого хода
if(сухоу = true){
tone (3, 100, 5000); // если авария
лог1 включаем сирену
}
Serial.println (сухоу);
senValue =analogRead(senPin); // счи-
тываем значение с объема жидко-
стидelay(10);
if(senValue ≤15){
digitalWrite(RELE,HIGH); // включаем
Реле на 13 ноге
}
else{
digitalWrite(RELE,LOW); // выключаем
}
Serial.println (senValue); // выводим
результат измерения объема для про-
верки
sen-
sors.waitForConversion(false); //
Начинаем измерять температуру
sensors.requestTemperatures(); // За-
пускпервогосensora
```

```
sensors.waitForConversion(true);
delay (750);
sensors.getAddress(Thermometer1,
0); // Измерениепервымтермометром
temp1 = sen-
sors.getTempC(Thermometer1); // Тем-
пературапервогодатчика
sensors.waitForConversion(false);
Serial.println (temp1);
delay (100);
// Полученные значения передаем в
OPC сервер.
```

После проверки работоспособности скетча и прожига микроконтроллера, подключаем все приборы, имитирующие работу устройства и проверяем действие программы. В данном случае сигнал с датчика температуры мы подаем на второй цифровой вход платы arduino, аналоговый сигнал с датчика уровня жидкости в варочном сосуде на вход A0, цифровой логический сигнал защиты от сухого хода на цифровой вход 5. Если в варочном сосуде мало жидкости (высота менее 15 см.), на выходе 13 аварийный сигнал.

На рисунке 1 представлена фотография платы arduino с подключенными датчиками и светодиодными индикаторами визуализации выходных сигналов.

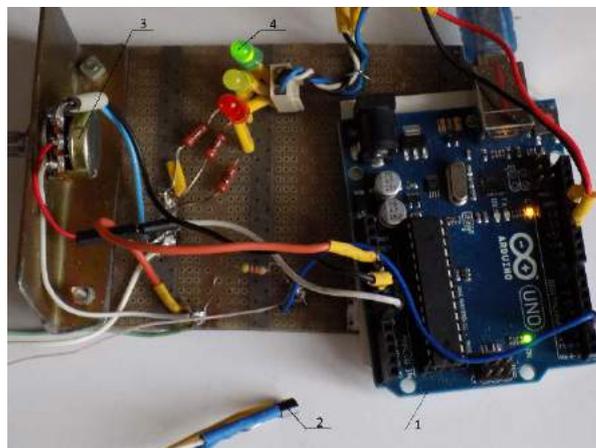


Рисунок 1. Испытание запрограммированной платы: 1 – плата Arduino Uno; 2 – Интегральный датчик температуры DS18B20; 3 – Регулятор аналогового сигнала объема жидкости; 4 – Светодиодные индикаторы состояния исполнительных устройств

Figure 1. The test Board is programmed: 1 – Arduino Uno; 2 – the Integrated temperature sensor DS18B20; 3 – a Regulator of the analog signal of volume of the liquid; 4 – Led status indicators actuators

1. Третий шаг – Передача значений из Arduino в OPC-Server [3].

На компьютере, устанавливаем программу Modbus Universal Master OPC Server.

Если не сделали это раньше, то сейчас библиотеку Simple Modbus Slave V9 занесите в папку arduino/libraries.

Из скетча, созданного на втором шаге, уберите ненужные команды и вместо них введите команды передачи данных в OPC сервер. Пример ниже.

```
#include <SimpleModbusSlave.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
#define TEMPERATURE_PRECISION 9
int senPin = A0; // устанавливаем входную ногу для АЦП
int senValue = 0; // цифровое значение
int RELE = 13;
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire); // Первый sensor
// подключен к библиотеке
float temp1 = 0; // переменная для температуры первого датчика
DeviceAddress Thermometer1 = {
0x28, 0xFF, 0x09, 0x16, 0x63,
0x04, 0x00, 0xF0}; // адрес датчика 1
```

```
const int HOLDING_REGS_SIZE = 3; //
// Важно - задаем количество точек передачи в OPC
unsigned int
holdingRegs[HOLDING_REGS_SIZE];
void setup()
{
pinMode(RELE, OUTPUT);
sensors.begin();
sensors.setResolution(9);
modbus_configure(&Serial, 115200,
SERIAL_8N2, 1, 2, HOLDING_REGS_SIZE,
holdingRegs); // вводим скорость опроса
```

```
modbus_update_comms(115200,
SERIAL_8N2, 1);
```

```
// для УЗ трех точек - передаем данные температуры и объема воды
}
void loop()
{
senValue = analogRead(senPin); // считываем значение объема жидкости
delay(10);
```

```
if(senValue <= 150){
digitalWrite(RELE, HIGH); // включаем реле
}
else{
digitalWrite(RELE, LOW); // выключаем
}
sensors.waitForConversion(false);
```

Для связи с редакцией: post@vestnik-vsuet.ru

```
sensors.requestTemperatures(); // Запуск перво-
rosensorsensors.setWaitForConversion(true);
delay(750);
sensors.getAddress(Thermometer1, 0); // Измерение первым термометром
temp1 = sensors.getTempC(Thermometer1); // Температура первого датчика
sensors.waitForConversion(false);
delay(100);
// Полученные значения передаем в OPC
modbus_update();
holdingRegs[1] = senValue; // адрес 1 фоторезистр
holdingRegs[2] = temp1; // адрес 2 DS18D20
}
```

Прошитый вторым скетчем arduino подключаем к компьютеру, запускаем программу Modbus Universal Master OPC Server и создаем новую конфигурацию (рисунок 2).

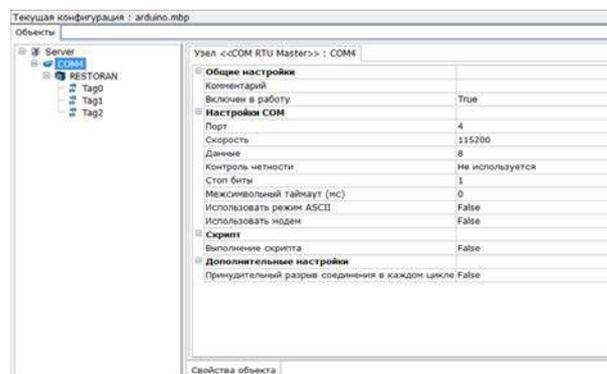


Рисунок 2. Вид программы при создании конфигурации управления через сервер

Figure 2. Type of program when creating a control configuration via the server

Порядок работы при создании конфигурации следующий:

1. После запуска программы выбираем пункт «создать» (из меню).
2. Под окном «Объекты» активизируем имя «Server» и щелкаем на заголовке – **Добавить узел.**

В появившемся окне параметров изменим название узла на COM4. (Порт сом4 использовался при программировании нашего ардуино).

3. Выбираем пункт **Добавить устройство.** Имя устройства «RESTORAN».

В окне параметры вводим нужные – тип узла – COM; порт – 4 (рисунок 3).

4. Выбираем пункт **Добавить tag.** Первый tag – нулевой, следующие tag1 и tag2 – связаны с ячейками (именами) программы ардуино, где хранятся данные измерений температуры и объема жидкости. Сохраняем на диске

созданный файл под именем arduino.mbr. Если Вы сохраняете файл по умолчанию в каталоге «SERVERCFG» можно не концентрировать внимание при дальнейшем его использовании. Если сами назначаете каталог важно запомнить путь к этому файлу, т. к. при создании scada, потребуется связать этот файл и файл, создаваемый в программе Master Scada.

Проверяем проделанную работу. Для этого подключаем к компьютеру плату arduinoino с датчиками измерения температуры и объема воды. Запускаем OPC сервер и открываем файл arduino.mbr. В верхнем левом углу программы щелкаем значок пиктограммы и выбираем «Старт» на экране мы должны получить картину, как на рисунке 3.

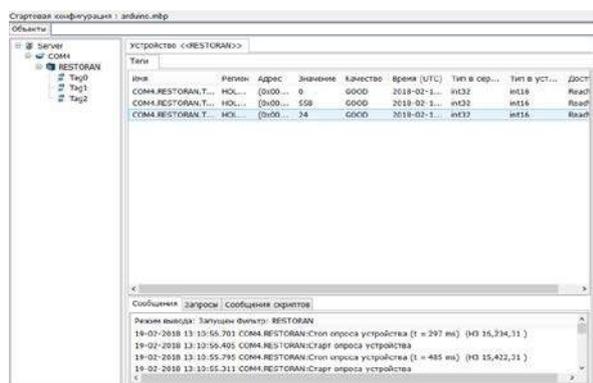


Рисунок 3. Данные из ардуино поступают в OPC сервер

Figure 3. The data from the Arduino go to dis server

В окне результатов «значение» число 558 – это объем воды в варочном сосуде. Максимально возможный объем 1024, ниже температура 24 °С.

Щелкаем кнопку «Стоп» и закрываем программу.

Четвертый шаг – создаем проект в Master Skada и связь между программами.

Для этого, вначале запускаем созданный нами OPC сервер arduino. mbr. Не начиная измерений, сворачиваем окно этой программы и **запускаем Master Scada**. Выбираем опцию создание нового проекта, даем ему имя и код доступа [4]. Для создания связей между проектом и OPC сервером выполняем следующие действия:

А) В окне дерева системы правой кнопкой мышки щелкаем на слове «Система» рисунок 4.

В выпадающем окне выбираем опцию – «вставить», затем «компьютер».

На панели проектов появляется имя «Компьютер 1».

Б) Правой кнопкой мышки щелкаем на появившемся слове, выбираем вставить «OPC сервер». И в новом окне выбираем «Insat Modbus OPC Server DA». Появятся данные, представленные на рисунке 4.



Рисунок 4. Создание связи между программами

Figure 4. The creation of linkages between the programmes

В) Щелкаем на «Insat Modbus OPC Server DA», появится окно выбора опций. В окне активируем опцию «Вставить OPC переменные». Выбрав эту опцию, получим окно свойств рисунок 5.

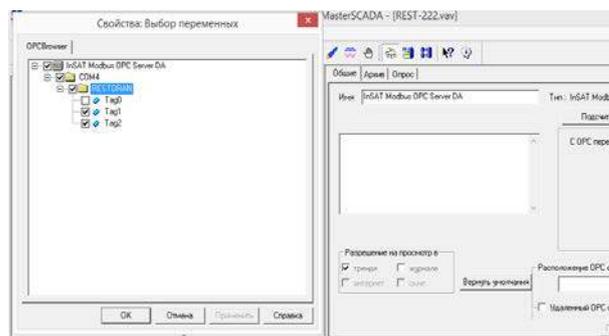


Рисунок 5. Окно для установки переменных из программы ардуино

Figure 5. The window to set the variables from the Arduino program

Г) В окне «Свойства: Выбор переменных» двойным щелчком мышки на кубике InSATModbus OPCServer DA откроем подход к данным сервера и поочередно выведем все переменные, которыми мы оперировали, создавая OPC сервер (левое окно, рисунок 5). Закроем окно кнопкой «ОК».

В результате в окне панели системы «Scada», появятся наши рабочие датчики «tag1, tag2».

Далее, на любой мнемосхеме, мы сможем видеть показания наших датчиков температуры и объема жидкости, перенеся имена tag1, tag2 в окно выбранной схемы, которую мы создадим в Master Scada.

Пятый шаг – создаем мнемосхемы с объектами в скаде и проверяем работоспособность всего проекта.

Для создания профессиональных проектов в Master Scada, желательно использовать все возможности этой программы [4].

В данном случае описаны необходимые действия для получения мнемосхемы «Заставка» и второй мнемосхемы, где шеф повар наблюдает за работой пищеварочного котла.

Вначале создадим заставку, в которой есть меню выбора объектов наблюдения (котел, плита и т. п.). В качестве заставки удобно использовать фотографию Вашего горячего цеха.

Для заставки необходим файл в графическом формате bmp. Возможно, Вам потребуются в других мнемосхемах фотографии конкретных объектов (плит, шкафов), для использования в мнемосхемах годятся только файлы в указанном формате.

Для построения объектов переходим в окно дерева проектов, изменим название «объект» на имя ГОРЯЧИЙ и, щелкнув правой кнопкой мышки на этом имени, вставляем объект 1. Когда активизируем этот элемент (объект 1), правее дерева проектов появится новое меню, в котором есть опция «окна» (позиция 1 рисунок 6). Нажав кнопку «окна», выберем название мнемосхема и, нажав кнопку «Выбрать» (позиция 2), найдем наш графический файл горячего цеха. В позиции 3 установим галочку стартовой мнемосхемы.

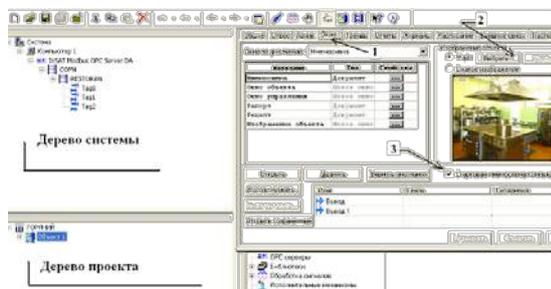


Рисунок 6. Этапы создания стартовой мнемосхемы
Figure 6. Steps to create a starter mimic

Далее подобным образом создаются следующие объекты программы. В нашем случае это схема котла, плиты и т. п. Каждая схема это новый объект в дереве проекта. Отличие лишь в том, что в следующих схемах мы должны видеть параметры работы установленных агрегатов. Напомним, что для передачи данных с датчиков в окно проекта, достаточно перенести имя (tag1, tag2) из дерева системы в окно созданного объекта. Пример для варочного котла на рисунке 7.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Русанов В.В. Экономические схемотехнические решения в системах автоматизации аграрного производства // Вестник РЭУ им. Г.В. Плеханова: 2016. № 6(90). С. 103–109.
- 2 Пехтин В.А. Проекты с использованием контроллера Arduino. СПб: БХВ-Петербург, 2015. 448 с.
- 3 ИнСАТ - Интеллектуальные Системы Автоматизации Технологии. URL: <https://www.Insat.ru/Modbus-OPC-Server>
- 4 MasterScada Основы проектирования. URL: https://www.masterscada.ru/files/art_step_by_step/Metod.pdf
- 5 Abdullah R. et al. Design an automatic temperature control system for smart tudungsaji using Arduino microcontroller // ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences. 2016. V. 11. №. 16. P. 9578-9581.

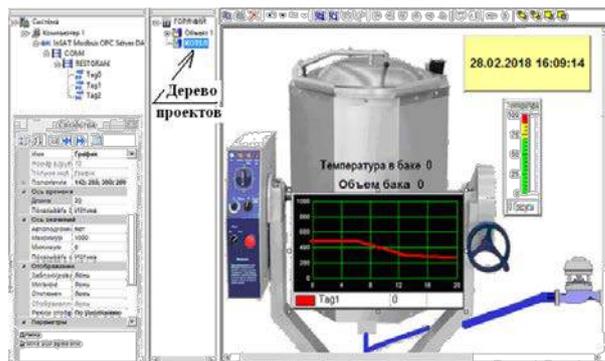


Рисунок 7. Вывод температуры, объема и времени варки, продукта в котле

Figure 7. Output of the temperature, volume and time of cooking, the product in the boiler

Причем, при выводе параметров есть возможность получения результатов в цифровой форме, в виде показаний стрелочных приборов, в виде графиков.

Последним действием создаем связь между двумя мнемосхемами. Для этого откроем окно мнемосхемы заставки (объект 1) и правой кнопкой мышки из дерева проектов перенесем туда второй объект (котел).

Заключение

Практическое воплощение всех представленных в статье действий позволит создать работоспособный проект. При запуске такой программы в режиме выполнения на экране появится заставка – фотография горячего цеха с кнопками перехода на другие объекты. Щелкнув на кнопке перехода на варочный котел, получим экран, представленный на рисунке 7, где возможно использование динамизации объектов по событиям проходящего технологического процесса [4–10].

- 6 Ya'acob N. et al. RFID lab management system using Arduino microcontroller approach associate with webpage // Journal of Scientific Research and Development. 2016. V. 3. №. 2. P. 92-97.
- 7 Al-Haija Q. A. et al. A tiny RSA cryptosystem based on Arduino microcontroller useful for small scale networks // Procedia Computer Science. 2014. V. 34. P. 639-646.
- 8 Erez N., Wool A. Control variable classification, modeling and anomaly detection in Modbus/TCP SCADA systems // International Journal of Critical Infrastructure Protection. 2015. V. 10. P. 59-70.
- 9 Radvanovsky R., Brodsky J. et al. Handbook of SCADA/control systems security // CRC Press. 2016.
- 10 Huang S. C., Lu C. N., Lo Y. L. Evaluation of AMI and SCADA data synergy for distribution feeder modeling // IEEE Transactions on Smart Grid. 2015. V. 6. №. 4. P. 1639-1647.

REFERENCES

1 Rusanov V.V. Economical mnemotechnical decisions in the systems of automation agricultural production. *Vestnik REU im. G.V. Plekhanova*. [Proceedings of REU n.a. G.V.Plekhanov] 2016. no. 6(90). pp. 103–109. (in Russian)

2 Pekhtin V.A. Proekty s ispol'zovaniem kontrol'era Arduino [Projects where Arduino is used. Saint-Petersburg. BHV-Petersburg] 2015. 448 p. (in Russian)

3 INSAT - Intelligent Systems of Automation Technologies. Available at: <https://www.Insat.ru/Modbus-OPC-Server> (in Russian)

4 MasterSSADA Design Basics. Available at: https://www.masterscada.ru/files/art_step_by_step/Metod.pdf (in Russian)

5 Abdullah, R., Rizman, Z. I., Dzulkefli, N. N. S. N., Ismail, S. I., Shafie, R., & Jusoh, M. H. (2016). Design an automatic temperature control system for smart tudungsaji using Arduino microcontroller. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(16), 9578-9581.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир В. Русанов к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер.,36, г. Москва, 117997, Россия, kafedrates@mail.ru

Виталий И. Перов д.э.н., профессор, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер.,36, г. Москва, 117997, Россия, perov-vitaliy@bk.ru

Михаил А. Самойлов бакалавр, ассистент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер.,36, г. Москва, 117997, Россия, Mi1995@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Владимир В. Русанов предложил на базе трех программ автоматизировать работу горячего цеха, разработал кода для микроконтроллера

Виталий И. Перов проанализировал предлагаемое нововведение, записал программный код на микроконтроллер

Михаил А. Самойлов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.05.2018

6 Ya'acob N., Yusof A.L., Azhar A.E., Naim N.F. et al. RFID lab management system using Arduino microcontroller approach associate with webpage. *Journal of Scientific Research and Development*. 2016. no. 3(2). pp. 92-97.

7 Al-Haija, Q. A., Al Tarayrah M., Al-Qadeeb H., Al-Lwaimi A. A tiny RSA cryptosystem based on Arduino microcontroller useful for small scale networks. *Procedia Computer Science*. 2014. vol. 34. pp. 639-646.

8 Erez, N., Wool, A. Control variable classification, modeling and anomaly detection in Modbus/TCP SCADA systems. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*. 2015. vol. 10. pp. 59-70.

9 Radvanovsky R., Brodsky, J. Handbook of SCADA/control systems security. CRC Press, 2016.

10 Huang S. C., Lu C. N., Lo Y. L. Evaluation of AMI and SCADA data synergy for distribution feeder modeling. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2015. vol. 6. no. 4. pp 1639-1647.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir V. Rusanov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny per.,36, Moscow, 11997 Russia, kafedrates@mail.ru

Vitalii I. Perov Dr. Sci. (Econ.), associate professor, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny per.,36, Moscow, 11997 Russia, perov-vitaliy@bk.ru

Mikhail A. Samoilov bachelor, assistant, restaurant business department, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny per.,36, Moscow, 11997 Russia, Mi1995@yandex.ru

CONTRIBUTION

Vladimir V. Rusanov suggested, on the basis of three programs, to automate the work of the hot shop, the development of code for the microcontroller

Vitalii I. Perov analyzed the proposed innovation, wrote the program code to the microcontroller

Mikhail A. Samoilov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.10.2018

ACCEPTED 5.7.2018

Особенности ультрафильтрационной очистки промышленных растворов крахмало-паточного производства

Сергей И. Лазарев	¹	geometry@mail.nnn.tstu.ru
Ольга А. Ковалева	¹	sseedd@mail.ru
Константин В. Шестаков	¹	kostyanshestakov@mail.ru
Константин К. Полянский	²	kkpolyansky@mail.ru

¹ Тамбовский государственный технический университет, ул. Ленинградская, 1, Тамбов, 392036, Россия

² Воронежский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В данной работе исследован удельный выходной поток и коэффициент задержания полупроницаемых ультрафильтрационных мембран УПМ-К, УАМ-150, УАМ-200 в процессе разделения технологических растворов крахмало-паточных производств (КПП) ОАО Хоботовское предприятие «Крахмалопродукт» низконапорным баромембранным методом. В результате анализа экспериментальных данных получены и проанализированы зависимости коэффициента задержания ультрафильтрационных мембран УПМ-К, УАМ-150, УАМ-200 при различных концентрациях растворенного вещества. Для теоретического расчета процесса ультрафильтрационного разделения технологических растворов КПП разработана технологическая схема очистки, основными разделительными элементами которой являлись фильтр предварительной очистки, биофильтр, каскад ультрафильтрационных аппаратов, центробежные и плунжерный насосы, а также адсорбционная колонна. Целесообразность применения выбранных плоскокамерных аппаратов заключается в простоте технологии их изготовления и в возможности самостоятельного выбора оптимального типа мембран. В представленных аппаратах можно использовать мембраны разных типов и в процессе оценочного эксперимента установить, насколько они соответствуют таким наиболее важным технологическим параметрам процесса, как удельный выходной поток, коэффициент задержания и устойчивость к загрязнениям. В работе отмечено, что удельный выходной поток ультрафильтрационных мембран с ростом исходной концентрации растворенного вещества уменьшается, так как повышается вязкость раствора и возрастает его осмотическое давление, а снижение коэффициента задержания ультрафильтрационных мембран вызвано формированием диффузионных пограничных слоев на активном слое мембран.

Ключевые слова: удельный выходной поток; ультрафильтрационная мембрана; коэффициент задержания; процесс; разделения

Features of ultrafiltration purification of industrial solutions of starch and treacle production

Sergei I. Lazarev	¹	geometry@mail.nnn.tstu.ru
Ol'ga A. Kovaleva	¹	sseedd@mail.ru
Konstantin V. Shestakov	¹	kostyanshestakov@mail.ru
Konstantin K. Polyanskii	²	kkpolyansky@mail.ru

¹ Tambov State Technical University, Leningradskaya str., 1, Tambov, 392036, Russia

² Voronezh Branch of RUE named after G.V. Plekhanov, Karl Marks str., 67A, Voronezh, 394036, Russia

Summary. The paper examines the specific output stream and the rate of detention of a semi-permeable ultrafiltration membranes, UPM, UAM-150, UAM-200 in the separation process, waste starch and syrup production JSC., the company "Kraakhmaloprodukt" low-pressure baromembrane method. As a result of the analysis of experimental data, the dependence of the retention factor of ultrafiltration membranes UPM-K, UAM-150, UAM-20 at different concentrations of the dissolved substance was obtained and analyzed. For the theoretical calculation of the process of ultrafiltration separation technology solutions of starch and syrup production modified mathematical expression for the factor of detention and the specific output stream and the numerical values of the empirical coefficients. Ultrafiltration for the separation of waste starch and syrup production the technological scheme of purification, separating the main elements of which was the pre-filter, biofilter, cascade ultrafiltration apparatus, centrifugal and plunger pumps, as well as the adsorption column. The application expediency of the selected apparatus with flat chambers lies in the simplicity of their production technology and in the self-selection possibility of optimum type membranes. It is possible in the presented apparatuses to use membranes of different types and in the course of the evaluation experiment to establish to what extent they correspond to the most important technological parameters of the process, such as specific output flow, retention factor and resistance to pollution. It is noted that the specific output flow of ultrafiltration membranes decreases with the increase of the initial concentration of the dissolved substance, as the viscosity of the solution increases and its osmotic pressure increases, and the decrease in the retention factor of ultrafiltration membranes is caused by the formation of diffusion boundary layers on the active layer of membranes.

Keywords: specific flux; ultrafiltration membrane; retention coefficient; separation process

Введение

В агропромышленных производствах при переработке кукурузы на крахмал образуются большие объемы технологических растворов, характеризующиеся содержанием взвешенных веществ, крахмала, белка и солей. Предприятие, специализирующееся на производстве крахмала,

должно помнить о переработке технологических растворов и их последующей утилизации.

Составляющими технологических растворов крахмало-паточных предприятий являются органические загрязнения и соли, которые при попадании в грунт способны засаливать плодородные земли, что в итоге приводит к деградации

Для цитирования

Лазарев С.И., Ковалева О.А., Шестаков К.В., Полянский К.К. Особенности ультрафильтрационной очистки промышленных растворов крахмало-паточного производства // Вестник ВГУИИ. 2018. Т. 80. № 2. С. 45–50. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-45-50

For citation

Lazarev S.I., Kovaleva O.A., Shestakov K.V., Poljanskij K.K. Features of ultrafiltration purification of industrial solutions of starch and treacle production. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 45–50. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-45-50

растений. По сравнению с технологическими растворами картофеля-крахмального производства, технологические растворы производства кукурузного крахмала характеризуются более высокой общей концентрацией органических веществ и солей, менее кислой реакцией среды.

На предприятиях кукурузно-крахмального производства в процессе получения 1 т крахмала с использованием прямоточных систем водоснабжения расходуется 17,0 м³ технологических вод, в том числе 4,0 м³ производственных, хозяйственно-бытовых – 1,4 м³, остальных условно чистых вод – 11,6 м³, а при повторном использовании технологических вод в процессе производства глюкозы с 1 т глюкозы общее количество вод составляет 260 м³, из них 0,5 м³ – хозяйственно-бытовые, 5,5 м³ – производственные, 254 м³ – условно чистые.

Материалы и методы

В работе были проведены исследования по ультрафильтрационному разделению технологических вод крахмало-паточного производства ОАО Хоботовское предприятие «Крахмалпродукт». Продукцией завода являются сухой кукурузный крахмал и крахмальная патока. Крахмал представляет собой сухой кукурузный глютен и кукурузный зародыш. Исследуемые технологические растворы предприятия являются многокомпонентными и содержат в своем составе крахмал, белок и другие вещества, значительно отличающиеся между собой по физико-химическим свойствам. Поэтому применение для разделения технологических водных систем при использовании ультрафильтрации напрямую, без предварительной очистки, малоэффективно.

Поэтому возникает необходимость в предварительной, специальной обработке промышленных растворов до предельно – допустимых концентраций (ПДК). Также, с помощью

предварительной обработки этой системы возможно существенно увеличить удельный выходной поток растворителя, очищаемый через ультрафильтрационную мембрану. Биологические фильтры применяют для искусственной (биологической) очистки промышленных растворов и сточных вод, окисляя кислородом загрязненные сточные воды при помощи микроорганизмов, которые образуют биологическую пленку на поверхности дискового фильтра.

Очистка технологических растворов проводилась с применением биоультрафильтрационной технологии (биофильтрация + ультрафильтрация процесс). Биофильтрация проводилась на пятисекционном каскадно-дисковом биофилт্রে, с вращающейся биопленкой, где эффективность очистки технологических растворов от органических веществ достигала до 98%.

Исследования процесса разделения исследуемого раствора осуществлялись на ультрафильтрационной установке с мембранами УАМ-150, УАМ-200, УПМ-К [1,2], представленной в работе.

Экспериментальные данные по ультрафильтрационному разделению технологических растворов крахмало-паточного производства приведены в таблице 1. При проведении экспериментальных исследований скорость течения раствора в межмембранном канале составляла 0,25 м/с, рабочая площадь мембран – 0,0078 м², время эксперимента – 3600 с, при фиксированном значении трансмембранного давления – 0,4 МПа. В процессе выполнения экспериментальных исследований проводился отбор проб пермеата и ретентата на анализ, измерялся объем пермеата и контролировалось трансмембранное давление и температура раствора. Общую концентрацию веществ в технологических растворах определяли по бихроматной окисляемости (ХПК) [3].

Таблица 1.

Экспериментальные и расчетные данные ультрафильтрационного разделения технологических растворов крахмало-паточных производств

Table 1.

Experimental and calculated data of ultrafiltration separation of technological solutions of starch and treacle productions

Тип мембраны Membrane type	C _{исх.} , кг/м ³ C _{in} , kg/m ³	Ультрафильтрация / Ultrafiltration			
		C _{пер} , кг/м ³ C _p , kg/m ³	V · 10 ³ , м ³ m ³	R, %	J · 10 ⁶ , м ³ /м ² с m ³ / m ² s
УПМ-КУРМ-К	2,20	1,16	0,442	47,3	15,7
	2,71	1,46	0,437	46,1	15,6
	2,84	1,56	0,432	45,1	15,4
	2,98	1,68	0,429	43,6	15,3
УАМ-150 UAM-150	2,20	1,00	0,165	54,4	5,90
	2,71	1,29	0,159	52,4	5,70
	2,84	1,38	0,155	51,4	5,50
	2,98	1,45	0,152	51,3	5,20
УАМ-200 UAM-200	2,20	1,19	0,199	45,9	7,10
	2,71	1,57	0,195	42,1	6,90
	2,84	1,63	0,193	42,6	6,80
	2,98	1,77	0,188	40,6	6,70

Удельный выходной поток определяется по следующей зависимости [2]:

$$J = \frac{V}{F_m \cdot \tau}; \quad (1)$$

где V – объем пермеата, м^3 ; τ – время проведения эксперимента, с; F_m – рабочая площадь мембраны, м^2 .

Величину коэффициента задержания исследуемых мембран рассчитывали по формуле:

$$R = \left(1 - \frac{C_{\text{пер}}}{C_{\text{исх}}}\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где $C_{\text{пер}}$, $C_{\text{исх}}$ – концентрация растворенного вещества в пермеате и исходном растворе соответственно, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Результаты и обсуждение

На рисунках 1 и 2 представлены зависимости коэффициента задержания и удельного выходного потока от концентрации растворенных веществ в разделяемом растворе при ультрафильтрационном разделении технологических растворов крахмалопаточных производств.

Уменьшение коэффициента задержания по мере роста концентрации растворенных веществ в разделяемом растворе (рисунок 1) связано, вероятно, с образованием диффузионных пограничных слоев и уменьшением доли воды в активном слое и поровом пространстве ультрафильтрационной мембраны [4–7].

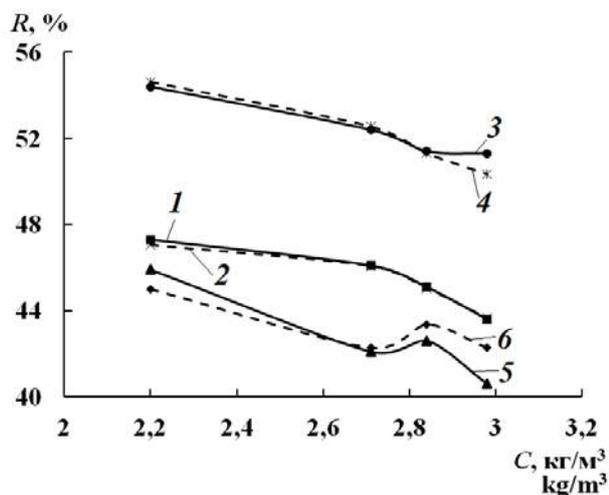


Рисунок 1. Зависимость коэффициента задержания ультрафильтрационных мембран от концентрации растворенных веществ в разделяемом растворе: 1, 2 – УПМ-К; 3, 4 – УАМ-150; 5, 6 – УАМ-200; 1, 3, 5 – эксперимент; 2, 4, 6 – расчет

Figure 1. Dependence of detention coefficient of ultrafiltration membranes on concentration of the dissolved substances in the divided solution: 1, 2 – UPM-K; 3, 4 – UAM-150; 5, 6 – UAM-200; 1, 3, 5 – experiment; 2, 4, 6 – calculation

Из рисунка 2 видно, что наибольшим удельным выходным потоком пермеата обладает полиамидная мембраны вида УПМ-К в отличие от ацетатцеллюлозных мембран типа УАМ-200 и УАМ-150. Определяющими факторами, по нашему мнению, являются толщина активного слоя мембраны, доля аморфных и кристаллических областей, размер пор и особенности их распределения по рабочей поверхности мембран. С ростом концентрации растворенных веществ в разделяемом растворе уменьшается удельный выходной поток пермеата, что объясняется возрастанием вязкости раствора и повышением осмотического давления раствора при его концентрировании.

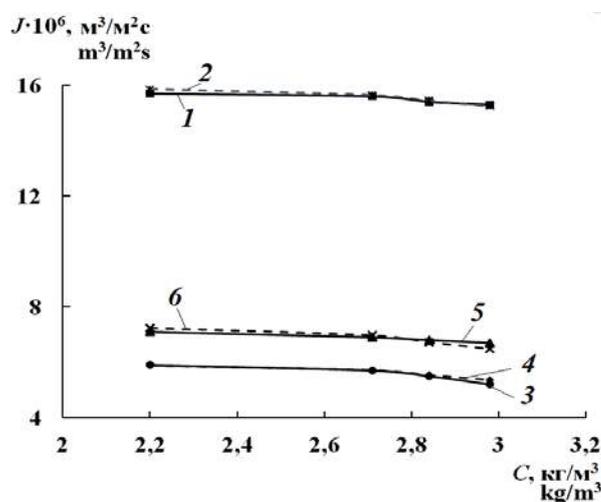


Рисунок 2. Зависимость удельного выходного потока пермеата ультрафильтрационных мембран от концентрации растворенных веществ в разделяемом растворе: 1, 2 – УПМ-К; 3, 4 – УАМ-150; 5, 6 – УАМ-200; 1, 3, 5 – эксперимент; 2, 4, 6 – расчет

Figure 2. Dependence of specific output stream of permeate of ultrafiltration membranes on concentration of dissolved substances in the separated solution: 1 – UPM-K; 2 – UAM-150; 5, 6 – UAM-200; 1, 3, 5 – experiment; 2, 4, 6 – calculation

При анализе экспериментальных данных в качестве дополнения модельных представлений, описывающих закономерности переноса растворенных веществ и растворителя, на рисунках 1 и 2 приведено сравнение экспериментальных и расчетных значений по коэффициенту задержания и удельному выходному потоку. Отклонение экспериментальных от расчетных значений исследуемых параметров составляет не более 5% (см. таблицы 2 и 3).

Таблица 2.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных по коэффициенту задержания мембран

Table 2.

Comparison of experimental and calculated data on membrane retention factor

Тип мембраны Membrane type	$C_{исх}, \text{ мг/л}$ $C_{in}, \text{ mg/L}$	R, %		Погрешность, % Inaccuracy, %
		Эксперимент Experiment	Расчет Calculation	
УПМ-К UPM-K	2,2	47,3	47,04	0,550
	2,71	46,1	46,06	0,087
	2,84	45,1	45,04	0,133
	2,98	43,6	43,65	-0,115
УАМ-150 UAM-150	2,2	54,4	54,63	-0,423
	2,71	52,4	52,56	-0,305
	2,84	51,4	51,32	0,156
	2,98	51,3	50,35	1,852
УАМ-200 UAM-200	2,2	45,9	44,99	1,983
	2,71	42,1	42,27	-0,404
	2,84	42,6	43,35	-1,761
	2,98	40,6	42,27	-4,113

Таблица 3.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных по удельному выходному потоку

Table 3.

Comparison of experimental and calculated data on the specific output flow

Тип мембраны Membrane type	$C_{исх}, \text{ мг/л}$ $C_{in}, \text{ mg/L}$	$J, \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с}$ $\text{m}^3/\text{m}^2\text{s}$		Погрешность, % Inaccuracy, %
		Эксперимент Experiment	Расчет Calculation	
УПМ-К UPM-K	2,2	15,7	15,86	-0,999%
	2,71	15,6	15,65	-0,331%
	2,84	15,4	15,45	-0,311%
	2,98	15,3	15,24	0,365%
УАМ-150 UAM-150	2,2	5,9	5,87	0,425%
	2,71	5,7	5,71	-0,173%
	2,84	5,5	5,54	-0,775%
	2,98	5,2	5,37	-3,372%
УАМ-200 UAM-200	2,2	7,1	7,24	-1,938%
	2,71	6,9	6,97	-1,047%
	2,84	6,8	6,73	1,089%
	2,98	6,7	6,48	3,289%

Теоретический расчет коэффициента задержания мембран проводится по формуле:

$$K = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{k_p \cdot k_1} - 1 \right) \left[1 - \exp\left(-\frac{J \cdot k_p \cdot k_2}{D_e} \right) \right] \cdot \exp(-J \cdot k_3)} \quad (3)$$

где k_1, k_2, k_3 – эмпирические коэффициенты.

Значения эмпирических коэффициентов формулы (3) для расчета коэффициента задержания приведены в таблице 4

Таблица 4.

Значения эмпирических коэффициентов для формулы (3)

Values of empirical coefficients for the formula (3)

Мембрана Membrane	k_1	k_2	k_3
УПМ-К	$6,8 \times 10^{-3}$	10^{-9}	10^{-2}
УАМ-150	$2,18 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-9}$	10^{-3}
УАМ-200	$1,3 \times 10^{-3}$	$4,5 \times 10^{-9}$	$2,65 \times 10^{-1}$

Теоретический расчет удельного выходного потока проводится по формуле (4):

$$J = k \left(\Delta p - (B \exp(n C_{исх}) \exp(A/T)) \right) \quad (4)$$

где B, n, A – эмпирические коэффициенты.

Значения эмпирических коэффициентов для расчета удельного выходного потока приведены в таблице 5

Таблица 5.

Значения эмпирических коэффициентов для формулы (4)

Values of empirical coefficients for the formula (4)

Мембрана Membrane	B	n	A
УПМ-К	$-6,8 \times 10^{-3}$	$-1,5 \times 10^{-2}$	$2,91 \times 10^{-1}$
УАМ-150	$6,5 \times 10^{-2}$	-5×10^{-3}	5×10^{-3}
УАМ-200	-9×10^{-2}	-4×10^{-2}	$-3,2 \times 10^{-1}$

На рисунке 3 представлена технологическая схема, на основе которой были проведены исследования по ультрафильтрационной очистке технологических растворов крахмало-паточного производства. Составными элементами схемы являются: емкость с исходным раствором, фильтр для предварительной очистки сточных вод, насос, каскадно-дисковый биофильтр, емкость с раствором после биофильтрации, каскад ультрафильтрационных аппаратов для разделения раствора, адсорбционная колонна, а также линия рециркуляции ретентата.

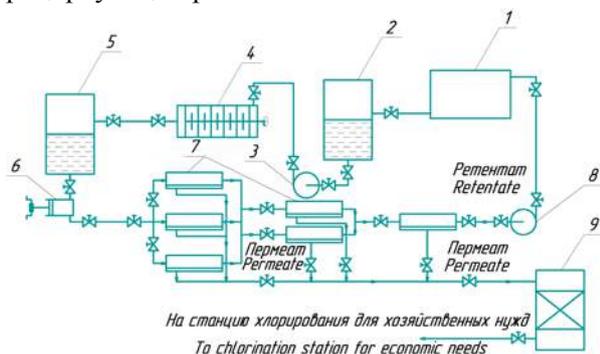


Рисунок 3. Технологическая схема очистки промышленных растворов крахмало-паточных производств биоультрафильтрационным методом

Figure 3. Technological scheme of purification of industrial solutions of starch-treacle productions by bio ultrafiltration method

Основным элементом схемы очистки являются разделительные плоскокамерные ультрафильтрационные аппараты, в которых расположены активным слоем к разделяемому раствору полупроницаемые мембраны. Простота самой технологии изготовления плоскокамерных аппаратов является неоспоримым достоинством предложенного способа очистки. Целесообразность применения этих аппаратов заключается в том, что потребитель может самостоятельно проводить выбор оптимального типа мембран. В представленной установке можно использовать мембраны разных типов и в процессе оценочного эксперимента установить, насколько они соответствуют наиболее важным технологическим параметрам процесса (удельный выходной

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Владипор: сайт НТЦ Владипор. URL: <http://www.vladipor.ru/catalog/show/&cid=003&id=1>.
- 2 Головашин В.Л., Лазарев С.И., Лавренченко А.А. Исследование кинетических коэффициентов электро-ультрафильтрационного разделения промышленных растворов биохимических производств // Вестник ПГТУ. 2014. Т. 20. № 1. С. 86–94.
- 3 Jouanneau S., Recoules L., Durand M.J., Boukabache A. et al. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD) // A review. Water Research. 2014, V. 49. P. 62–82.

поток, коэффициент задержания, устойчивость к загрязнениям и другим специфическим особенностям) при обработке растворов крахмало-паточного производства, где исходным сырьем является не только кукуруза, но и картофель [8–11].

Технологическая схема очистки промышленных растворов крахмало-паточных производств работает следующим образом. Из емкости с исходным раствором 1 технологический раствор поступает в фильтр 2, осуществляющий предварительную очистку. С помощью центробежного насоса 3 раствор подается в биофильтр 4, в котором раствор частично очищается, а затем поступает в промежуточную емкость 5. Далее насосом – дозатором 3 раствор нагнетается в каскад ультрафильтрационных аппаратов, где разделяется на ретентат (сконцентрированный раствор) и пермеат (очищенный раствор). Пермеат попадает в адсорбционную колонну 7 и после хлорирования может использоваться для хозяйственных нужд. Адсорбционная колонна 9 используется для доочистки технологических вод в случае, если в пермеате содержатся органические вещества, которые не были задержаны биоультрафильтрационной системой. Ретентат центробежным насосом 9 поступает в емкость для исходного раствора по линии рециркуляции где аналогичным образом осуществляется процесс разделения.

Заключение

Неоспоримыми преимуществами биоультрафильтрационной технологии являются: высокая производительность процесса очистки раствора по пермеату удельный выходной поток; хорошее усваивание органических веществ микроорганизмами в биофильтре; решение вопроса утилизации ретентата; формирование малоотходных замкнутых технологических схем процесса очистки технологических вод крахмало-паточных производств от растворенных веществ.

Применение ультрафильтрационных полупроницаемых полимерных мембран, характеризуется высоким удельным выходным потоком пермеата, что связано с общей производительностью очистительной системы и материалоемкостью.

- 4 Karagündüz A., Dize N. Investigation of Membrane Biofouling in Cross-Flow Ultrafiltration of Biological Suspension // J MembraSci Technol, 2013. № 3. P. 120.

- 5 Ковалева О.А., Лазарев С.И. Разделение технологических растворов крахмало-паточных производств биоультрафильтрационным методом // Наука в центральной России, 2016, № 4, P. 10–15.

- 6 Valiño V, San Román F., Ibañez R., Ortiz I. Improved separation of bovine serum albumin and lactoferrin mixtures using charged ultrafiltration membranes. Separation and Purification Technology, 2014, V. 125, P. 163–169.

7 Rohani M.M., Zydney A.L., Protein transport through zwitterionic ultrafiltration membranes // J. Membr. Sci, 2012, V. 397–398. P. 1–8.

8 Schmidt J.M., Greve-Poulsen M., Damgaard H. et al. Effect of Membrane Material on the Separation of Proteins and Polyphenol Oxidase in Ultrafiltration of Potato Fruit Juice. // Food Bioprocess Technology, 2016, V. 9, P. 822–829.

9 Dabestania S., Arcotb J., Chena V. Protein recovery from potato processing water: Pre-treatment and membrane fouling minimization // Journal of Food Engineering, 2017, V. 195, P. 85–96

10 Хачатрян Л.Р., Котляров Р.В., Лобасенко Б.А. Исследование технологических режимов работы мембранного аппарата при концентрировании крахмального молока // Техника и технология пищевых производств, 2015, Т. 37, № 2, С. 61–66.

11 Холов Ш.Ё., Икроми Х.И., Юнусов Н.И., Мухидинов З.К. Особенности инженерного расчета процесса ультрафильтрационного концентрирования и очистки пектиновых полисахаридов // Вестник ВГУИТ. 2017. №79(4). С. 26-30. doi: 10.20914/2310-1202-2017-4-26-30

REFERENCES

1 Website STC Vladipor [Vladipor: website NTTs Vladipor] Available at: <http://www.vladipor.EN/catalog/show/&cid=003&id=1> (in Russian)

2 Golovashin V.L., Lazarev S.I., Lavrenchenko A.A. Investigation of the kinetic coefficients of electroultrafiltration separation of industrial solutions for biochemical production. *Vestnik TGTU* [Proceedings of TSTU] 2014, vol. 20, no. 1, pp. 86–94. (in Russian)

3 Jouanneau S., Recoules L., Durand M.J., Boukabache A. et al. Methods for assessing biochemical oxygen demand (BOD). A review. *Water Research*, 2014, vol. 49, pp. 62-82.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей И. Лазарев профессор, кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики, Тамбовский государственный технический университет, ул. Ленинградская, 1, Тамбов, 392036, Россия, geometry@mail.nnn.tstu.ru

Ольга А. Ковалева доцент, кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики, Тамбовский государственный технический университет, ул. Ленинградская, 1, Тамбов, 392036, Россия, sseedd@mail.ru

Константин В. Шестаков аспирант, кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики, Тамбовский государственный технический университет, ул. Ленинградская, 1, Тамбов, 392036, Россия, kostyanshestakov@mail.ru

Константин К. Полянский профессор, кафедра коммерции и товароведения, Воронежский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова, ул. Карла Маркса, 67А, Воронеж, 394036, Россия, kkpolyansky@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.05.2018

4 Karagündüz A., Dizge N. Investigation of Membrane Biofouling in Cross-Flow Ultrafiltration of Biological Suspension. *J Membr Sci Technol*, 2013, no. 3, pp. 120.

5 Kovaleva O.A., Lazarev S.I. Separation of waste starch and syrup production biostabilization method. *Nauka v tseñtral'noi Rossii* [Science in the Central Russia, 2016, no. 4, pp. 10–15. (in Russian)

6 Valiño V., San Román F., Ibañez R., Ortiz I. Improved separation of bovine serum albumin and lactoferrin mixtures using charged ultrafiltration membranes. *Separation and Purification Technology*, 2014, vol. 125, pp. 163–169.

7 Rohani M.M., Zydney A.L., Protein transport through zwitterionic ultrafiltration membranes. *J. Membr. Sci*, 2012, vol. 397–398, pp. 1–8.

8 Schmidt J.M., Greve-Poulsen M., Damgaard H. et al. Effect of Membrane Material on the Separation of Proteins and Polyphenol Oxidase in Ultrafiltration of Potato Fruit Juice. *Food Bioprocess Technology*, 2016, vol. 9, pp. 822–829.

9 Dabestania S., Arcotb J., Chena V. Protein recovery from potato processing water: Pre-treatment and membrane fouling minimization. *Journal of Food Engineering*, 2017, vol. 195, pp. 85–96

10 Khachatryan L.R., Kotlyarov R.V., Lobzenko B.A. Investigation of the technological operation modes of the membrane of the apparatus when the concentration of starch milk. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Equipment and technology of food production] 2015, vol. 37, no. 2, pp. 61–66. (in Russian)

11 Kholov Sh.E., Ikromi K.I., Yunusov N.I., Mukhidinov Z.K. Features of ultrafiltration process engineering calculation in concentration and purification of pectin polysaccharides. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the VSUET]. 2017, no. 79(4), pp. 26-30. (in Russian) doi: 10.20914/2310-1202-2017-4-26-30

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergei I. Lazarev professor, Applied geometry and computer graphics department, Tambov State Technical University, Leningradskaya str., 1, Tambov, 392036, Russia, geometry@mail.nnn.tstu.ru

Ol'ga A. Kovaleva assistant professor, Applied geometry and computer graphics department, Tambov State Technical University, Leningradskaya str., 1, Tambov, 392036, Russia, sseedd@mail.ru

Konstantin V. Shestakov graduate student, Applied geometry and computer graphics department, Tambov State Technical University, Leningradskaya str., 1, Tambov, 392036, Russia, kostyanshestakov@mail.ru

Konstantin K. Polyanskii professor, Commerce and commodity science department, Voronezh Branch of RUE named after G.V. Plekhanov, Karl Marks str., 67A, Voronezh, 394036, Russia, kkpolyansky@mail.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.16.2018

ACCEPTED 5.19.2018

Расчет продолжительности процесса термовлажностной обработки полуфабрикатов на основе животного и растительного сырья

Людмила Э. Глаголева	¹	milaprofi@mail.ru
Наталья П. Зацепилина	¹	nataha.zatsepilina@yandex.ru
Максим В. Копылов	¹	kopylov-maks@yandex.ru
Ирина В. Нестеренко	¹	

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Резюме. Расчет параметров термообработки исследуемых систем (продолжительность процесса, распределение температуры внутри изделия и изменение его массы) осложнен как внешним, так и внутренним переносом влаги. В связи с этим строгое математическое описание влаго- и теплообмена между поверхностью полуфабриката, который необходимо рассматривать как капиллярно-пористое тело, и окружающей средой должно основываться на совместном решении уравнений гидродинамики и конвективного тепло- и массопереноса с учетом нормальной составляющей массового потока на поверхности тела, что усложняет задачу. Рассмотрение такой задачи в части, касающейся переноса влаги под действием градиентов влагосодержания, температуры и давления возможно, если движущими силами процессов переноса считать не эти градиенты потенциалов на поверхности капиллярнопористого тела, а разности между потенциалами, усредненными по поверхности и объему тела. Успешное применение этой теории для широкого использования при решении практических задач осложняется отсутствием систематизированной базы данных по гидро- и гигроскопическому равновесию обрабатываемых полуфабрикатов с технологическими средами. С другой стороны, даже при наличии экспериментальных данных по гидро- и гигроскопическому равновесию в этом случае находятся не поля потенциалов переноса, а только их среднееобъемные и среднеповерхностные значения, что принципиально не позволяет рассчитать длительность термообработки как время достижения необходимой температуры в центре продукта. Мясные и рыбные продукты обрабатываются при не слишком высоких температурах и вследствие этого градиенты потенциалов переноса внутри капиллярнопористых тел не слишком велики, поэтому можно считать, что внутренний перенос влаги существенно не изменяет температурное поле внутри мясных и рыбных изделий. Обоснованы ресурсосберегающие режимы термо-влажностной обработки комбинированных изделий: обжаривание при $t = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, без увлажнения, продолжительность 5 мин; запекание при $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, расход воды на увлажнение $(4,0-4,3)10^{-6}\text{ м}^3/\text{с}$ продолжительность 10–15 мин, обеспечивающие снижение технологических потерь массы готового продукта с 18% до 5–7%.

Ключевые слова: термо-влажностная обработка, животное сырье, растительное сырье, параметры термообработки

Calculation of the process duration of thermo-moisture treatment of semi-finished products based on animal and vegetable raw materials

Lyudmila E. Glagoleva	¹	milaprofi@mail.ru
Natal'ya P. Zatsepilina	¹	nataha.zatsepilina@yandex.ru
Maksim V. Kopylov	¹	kopylov-maks@yandex.ru
Irina V. Nesterenko	¹	

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Calculation of the parameters of studied systems heat treatment (the process duration, temperature distribution inside the product and in its mass change) is complicated both by external and internal moisture transfer. In this regard, a strict mathematical description of moisture and heat transfer between the surface of the semi-finished product, which must be considered as a capillary-porous body, and the surrounding medium should be based on a joint solution of hydrodynamics equations and convective heat- and mass transfer, taking into account the normal component of the mass flow on the body surface, which complicates the task. Consideration of such a task with regard to moisture transfer under the action of water content gradients, temperature and pressure is possible if the driving forces of transfer processes do not consider these potential gradients on the surface of a capillary-porous body, but the differences between potentials averaged over the surface and volume of the body. This theory successful application for widespread use in practical problems solving is complicated by the absence of a systematized database on the hygro- and hydro-mechanical equilibrium of treated semi-finished products with technological media. On the other hand, even in the presence of experimental data on hydro- and hygrosopic equilibrium, in this case there are not fields of transfer potentials, but only their average volume and mean surface values, which in principle does not allow calculating of heat treatment duration as the time to reach the required temperature in the middle of the product. Meat and fish products are treated at not too high temperatures and as a result gradients of transfer potentials inside capillary-porous bodies are not too great, therefore it can be considered that the internal moisture transfer does not change the temperature field inside meat and fish products significantly. Resource-saving modes of thermo-moisture treatment of combined products were justified: frying at $t = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$, without humidification, duration - 5 min; baking at $180\text{ }^{\circ}\text{C}$, water consumption for humidification $(4.0-4.3)10^{-6}\text{ m}^3/\text{s}$ with 10-15 minutes duration, providing a reduction in process losses of the finished product weight from 18% to 5-7%

Keywords: thermo-moisture treatment, animal raw materials, vegetable raw materials, heat treatment parameters

Для цитирования

Глаголева Л.Э., Зацепилина Н.П., Копылов М.В., Нестеренко И.В. Расчет продолжительности процесса термовлажностной обработки полуфабрикатов на основе животного и растительного сырья // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 51–57. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-51-57

For citation

Glagoleva L.E., Zacepilina N.P., Kopylov M.V., Nesterenko I.V. Calculation of the process duration of thermo-moisture treatment of semi-finished products based on animal and vegetable raw materials. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 51–57. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-51-57

Введение

Цель работы – исследовать влияние технологических режимов на процессы тепло- и массообмена при тепловой обработке изделий, обосновать ресурсосберегающие режимы тепловой и низкотемпературной обработки полуфабрикатов и готовых изделий на основе рыбно-печеночно-растительных композиций.

Расчет параметров термообработки исследуемых систем (продолжительность процесса, распределение температуры внутри изделия и изменение его массы) осложнен как внешним, так и внутренним переносом влаги. В связи с этим строгое математическое описание влаго- и теплообмена между поверхностью полуфабриката, который необходимо рассматривать как капиллярно-пористое тело, и окружающей средой должно основываться на совместном решении уравнений гидродинамики и конвективного тепло- и массопереноса с учетом нормальной составляющей массового потока на поверхности тела, что усложняет задачу [1–4]. Тем не менее, рассмотрение такой задачи в части, касающейся переноса влаги под действием градиентов влагосодержания, температуры и давления возможно, если движущими силами процессов переноса считать не эти градиенты потенциалов на поверхности капиллярнопористого тела, а разности между потенциалами, усредненными по поверхности и объему тела.

Успешное применение этой теории для широкого использования при решении практических задач осложняется отсутствием систематизированной базы данных по гидро- и гидроскопическому равновесию обрабатываемых полуфабрикатов с технологическими средами. С другой стороны, даже при наличии экспериментальных данных по гидро- и гидроскопическому равновесию в этом случае находятся не поля потенциалов переноса, а только их среднеобъемные и среднеповерхностные значения, что принципиально не позволяет рассчитать длительность термообработки как время достижения необходимой температуры в центре продукта [5, 6].

Результаты и обсуждение

Мясные и рыбные продукты обрабатываются при не слишком высоких температурах и вследствие этого градиенты потенциалов переноса внутри капиллярнопористых тел не слишком велики, поэтому можно считать, что внутренний перенос влаги существенно не изменяет температурное поле внутри мясных и рыбных изделий. В связи с этим, для определения времени достижения кулинарной готовности полуфабрикатов целесообразно рассматривать не сопряженную систему уравнений

переноса количества движения, теплоты и массы, а только нестационарное уравнение теплопроводности, которое в декартовой системе координат имеет вид:

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \left(\frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

где τ – время, с; a – температуропроводность продукта, $\text{м}^2/\text{с}$; t – температура, $^{\circ}\text{C}$.

Решая уравнение (1) с соответствующими начальными и граничными условиями можно найти распределение температуры от времени в теле произвольной формы, причем в общем случае это возможно лишь использованием численных методов.

Для тел простейшей формы (неограниченная пластина и цилиндр, шар) уравнение (1) становится одномерным

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = a \frac{1}{x^n} \frac{\partial}{\partial x} \left(x^n \frac{\partial t}{\partial x} \right), \quad (2)$$

где n – индекс формы (0 – пластина; 1 – цилиндр; 2 – шар) и может быть решено аналитически.

В [3, 4] предполагается, что температурные возмущения в обрабатываемом изделии распространяются с конечной скоростью, что характерно для мясных и рыбных продуктов, а производная по времени в уравнении (2) для области, где за счет взаимодействия с окружающей средой происходит изменение температуры, заменяется ее средним значением по переменной во времени подлине возмущенной области. При этом уравнение (2) превращается в обыкновенное дифференциальное уравнение, для которого ищется решение задачи распространения теплоты в исследуемых системах.

Замена производной в уравнении (2) ухудшает точность описания температурного поля внутри изделий. Кроме того, следует отметить, что при термической обработке пищевых полуфабрикатов сложно учитывать происходящие при этом различные физико-химические превращения (тепловая денатурация белковых веществ, разваривание и дезагрегация коллагена, изменение состояния и свойств жиров, разваривание и клейстеризация крахмалов, изменение структурно-механических свойств), которые вызывают изменение теплофизических характеристик объектов исследования. Если учесть, что справочные данные по их температурным зависимостям весьма ограничены [6, 7], а уравнения конвективного теплопереноса обычно позволяют определить характеристики теплообмена между телом и окружающей средой с точностью порядка 20% [1, 2, 9], использование классического уравнения нестационарной теплопроводности (2),

в котором скорость распространения теплоты предполагается бесконечно большой, для расчета продолжительности термообработки рыбно-печеночно-растительных полуфабрикатов можно считать достаточно обоснованным. Как показывает практика инженерных расчетов аналитические зависимости из [3, 6, 8], выведенные для различных начальных и граничных условий, позволяют получить результаты, вполне согласующиеся с вычислениями времени достижения кулинарной готовности продуктов по формулам из [4, 5]. К тому же геометрия подвергаемых термообработке изделий, в которых можно аналитически определить распределение температуры, в данном случае может быть расширена за счет того, что кроме тел в виде неограниченных цилиндра, пластины и шара, можно рассматривать тела конечных размеров, получающиеся при пересечении приведенных выше тел простейшей формы.

С учетом сказанного рассчитаем время достижения кулинарной готовности, то есть достижения температуры 80 °С в центре изделий, при их термообработке в печи с вынужденной конвекцией и увлажнением теплоносителя. Будем рассматривать биточки как тело в виде ограниченного цилиндра, получающегося при пересечении неограниченного цилиндра диаметром $2R$ и неограниченной пластины высотой $2h$.

Для выбора расчетной формулы необходимо обосновать вид граничных условий. В связи с этим необходимо учесть, что после разогрева и подачи воды в рабочей камере аппарата образуется содержащая водяной пар и аэрозольные частицы воды среда, при взаимодействии которой с обрабатываемым изделием происходит интенсивный теплообмен, сопровождающийся конденсацией пара и осаждением аэрозольных частиц на поверхности изделий. В этом случае коэффициенты теплоотдачи между изделием и окружающей средой достаточно велики и, следовательно, можно предположить, что на поверхности биточков реализуются граничные условия первого рода, то есть температура поверхности изделия совпадает с температурой окружающей среды t_c . Кроме того, будем считать, что начальная температура изделия одинакова по всему его объему и равна t_0 . Нахождение температурного поля тела в виде цилиндра конечных размеров связано с решением дифференциального уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial t(r, z, \tau)}{\partial \tau} = a \left[\frac{\partial^2 t(r, z, \tau)}{\partial r^2} + \right.$$

$$\left. + \frac{1}{r} \frac{\partial t(r, z, \tau)}{\partial r} + \frac{\partial^2 t(r, z, \tau)}{\partial z^2} \right], \quad (3)$$

$$(\tau > 0; 0 < r < R; -h < z < +h)$$

при начальном условии

$$t(r, z, 0) = t_0 = const \quad (4)$$

и при граничных условиях

$$t(r, \pm h, \tau) = t_c; \quad t(R, z, \tau) = t_c \quad (5)$$

Решение сформулированной задачи в безразмерном виде $\theta(r, z, \tau)$ таково:

$$\theta(r, z, \tau) = \theta(r, \tau) \cdot \theta(z, \tau), \quad (6)$$

где $\theta(r, \tau) = (t_c - t(r, \tau)) / (t_c - t_0)$ – решение для неограниченного цилиндра, а $\theta(z, \tau) = (t_c - t(z, \tau)) / (t_c - t_0)$ – решение для неограниченной пластины, пересечением которой с неограниченным цилиндром образован конечный цилиндр. В этом случае начальные и граничные условия остаются прежними, то есть

$$t(r, 0) = t(z, 0) = t_0 = const, \quad (7)$$

$$t(R, \tau) = t(\pm h, \tau) = t_c = const, \quad (8)$$

а решение поставленной задачи определяется выражением:

$$\theta(r, z, \tau) = \frac{t_c - t(r, z, \tau)}{t_c - t_0} =$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} A_n A_m J_0 \left(\mu_n \frac{r}{R} \right) \cos \left(\mu_m \frac{z}{h} \right) \times$$

$$\times \exp \left\{ - \left[\mu_n^2 + \left(\mu_m \frac{R}{h} \right)^2 \right] Fo \right\}, \quad (9)$$

где $A_n = \frac{2}{\mu_n J_1(\mu_n)}$, μ_n – корни характеристического уравнения $J_0(\mu_n) = 0$, $J_0(\mu_n)$ и $J_1(\mu_n)$ – функции Бесселя первого рода нулевого и первого порядка соответственно, $A_m = (-1)^{m+1} \frac{2}{\mu_m}$, $\mu_m = (2m-1) \frac{\pi}{2}$, $Fo = \frac{a\tau}{R^2}$.

При этом среднюю температуру биточков, необходимую для определения их теплофизических характеристик, можно найти по формуле

$$\theta_{\text{ср}} = \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} B_n B_m \cdot \exp \left\{ - \left[\mu_n^2 + \left(\mu_m \frac{R}{h} \right)^2 \right] Fo \right\}, \quad (10)$$

где $B_n = \frac{4}{\mu_n^2}$, $B_m = \frac{2}{\mu_m^2}$.

Переход от безразмерной температуры к размерной осуществляется по выражению

$$t(r, z, \tau) = t_c - \theta(r, z, \tau) \cdot (t_c - t_0). \quad (11)$$

Результаты вычислений температуры в центре изделий и их средней температуры при различных условиях термообработки в конвектомате приведены в приложении и на рисунке 1, где для сравнения также представлены результаты экспериментального исследования времени достижения кулинарной готовности рыбно-печеночно-растительных биточков. В этих опытах использовали изделия массой около 52 г., содержащие по 36,4% говяжьей печени и филе зубатки, 13% геркулеса 10% воды и 4,5% соли. В биточки (изделия приплюснуто-цилиндрической формы) диаметром около 6 см и высотой около 2 см с помощью специального приспособления вводили термометр и затем помещали в разогретый пароконвектомат с определенной температурой и подачей воды. После достижения заданного времени фиксировали температуру в центре продукта и вынимали его из конвектомата для контроля положения термометра и массы изделия.

Как показывают результаты расчетов изменения температуры в центре рыбно-печеночно-растительных биточков, рассматриваемых как цилиндры конечных размеров, достаточно хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Без подачи воды теплообмен между изделием и окружающей средой, имеющей постоянную температуру, осуществляется по конвективному механизму и можно считать, что на поверхности биточков будут реализовываться граничные условия третьего рода.

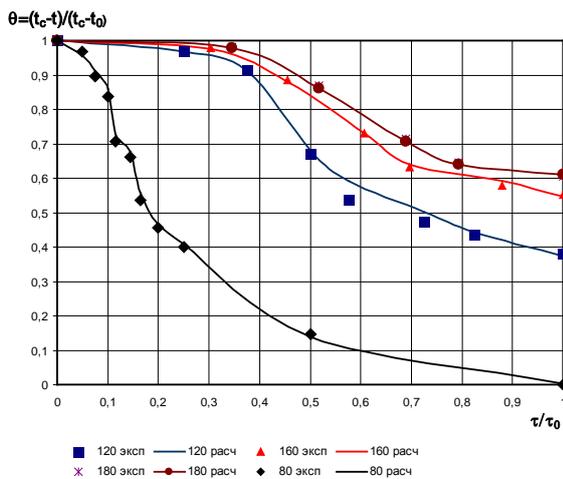


Рисунок 1. Изменение температуры в центре рыбно-печеночных биточков от времени

Figure 1. Change in temperature in the center of fish-liver cells from time

Распределение температуры внутри цилиндра конечных размеров при условии симметричности задачи найдется из решения системы уравнений (3)–(4) и (12)–(15):

$$-\frac{\partial t(R, z, \tau)}{\partial r} + \frac{\alpha}{\lambda_T} [t_c - t(R, z, \tau)] = 0, \quad (12)$$

$$\frac{\partial t(0, z, \tau)}{\partial r} = 0; t(0, z, \tau) \neq \infty, \quad (13)$$

$$-\frac{\partial t(r, h, \tau)}{\partial z} + \frac{\alpha}{\lambda_T} [t_c - t(r, h, \tau)] = 0, \quad (14)$$

$$\frac{\partial t(r, 0, \tau)}{\partial z} = 0, \quad (15)$$

где λ_T – теплопроводность комбинированных рубленых систем, Вт/(м К); α – осредненный по поверхности коэффициент теплоотдачи цилиндрического тела конечных размеров, Вт/(м²·К).

Начало координат находится в центре цилиндра.

Как и ранее решение сформулированной задачи в безразмерном виде определится уравнением (6). Начальные условия определяются уравнением (7), а граничные условия для неограниченных цилиндра и пластины остаются такими же, как и для цилиндра конечных размеров, то есть

$$-\frac{\partial t(R, \tau)}{\partial r} + \frac{\alpha}{\lambda_T} [t_c - t(R, \tau)] = 0, \quad (16)$$

$$-\frac{\partial t(h, \tau)}{\partial z} + \frac{\alpha}{\lambda_T} [t_c - t(h, \tau)] = 0, \quad (17)$$

$$\frac{\partial t(0, \tau)}{\partial r} = \frac{\partial t(0, \tau)}{\partial z} = 0 \quad (18)$$

Расчетное соотношение для нахождения поля температуры внутри ограниченного цилиндра имеет вид:

$$\begin{aligned} \theta(r, z, \tau) &= \frac{t_c - t(r, z, \tau)}{t_c - t_0} = \\ &= \sum_{k=1}^{\infty} \sum_{l=1}^{\infty} A_k A_l J_0 \left(\mu_k \frac{r}{R} \right) \cos \left(\mu_l \frac{z}{h} \right) \times \\ &\times \exp \left\{ - \left[\mu_k^2 + \left(\mu_l \frac{R}{h} \right)^2 \right] Fo \right\}, \end{aligned} \quad (19)$$

где

$$A_k = \frac{2Bi_1}{J_0(\mu_k) [\mu_k^2 + Bi_1^2]},$$

$$A_l = (-1)^{l+1} \frac{2Bi_2 \sqrt{Bi_2^2 + \mu_l^2}}{\mu_l (Bi_2^2 + Bi_2 + \mu_l^2)}.$$

Здесь μ_k и μ_l – корни характеристических уравнений: $\frac{J_0(\mu_k)}{J_1(\mu_k)} = \frac{\mu_k}{Bi_1}$; $ctg \mu_l = \frac{\mu_l}{Bi_2}$; $Bi_1 = \frac{\alpha R}{\lambda_r}$ и $Bi_2 = \frac{\alpha h}{\lambda_r}$ – числа Био для неограниченных цилиндра и пластины соответственно.

Осредненный по поверхности биточков коэффициент теплоотдачи находится из соотношения:

$$\alpha = \frac{\alpha_1 F_1 + \alpha_2 F_2}{F_1 + F_2}, \quad (20)$$

где α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи от боковой и торцевой поверхности цилиндра, площади которых равны соответственно F_1 и F_2 .

Коэффициент теплоотдачи от торцевой поверхности цилиндра рассчитывается как для случая теплообмена при обтекании плоской поверхности длиной $2R$. Для $Re < 5 \cdot 10^5$ расчетное соотношение имеет вид [4, 5]:

$$Nu_1 = 0,664 Re^{1/2} Pr^{1/3}, \quad (21)$$

где $Nu_1 = \frac{\alpha_1 \cdot 2R}{\lambda}$; $Pr = \frac{\nu \rho c}{\lambda}$; $Re = \frac{u \cdot 2R}{\nu}$ λ , ν , ρc – теплопроводность Вт/(м К), кинематическая вязкость, м²/с, и объемная теплоемкость влажного воздуха, Дж/(м³ К); u – скорость обтекания биточков влажным воздухом, м/с.

Коэффициент теплоотдачи от боковой поверхности цилиндра для $10^3 \leq Re \leq 2 \cdot 10^5$ определяется по формуле:

$$Nu_2 = 0,25 Re^{0,6} Pr^{0,38}, \quad (22)$$

где $Nu_2 = \frac{\alpha_2 \cdot 2R}{\lambda}$.

Для влажного воздуха, который является бинарной смесью водяного пара и сухого воздуха, приближенное значение коэффициента теплопроводности определяется по правилу аддитивности согласно [4, 10]:

$$\lambda = \frac{\lambda_l x + \lambda_{\bar{N}\bar{A}} \frac{M_l}{M_{\bar{N}\bar{A}}}}{x + \frac{M_l}{M_{\bar{N}\bar{A}}}}, \quad (23)$$

где теплопроводность водяного пара и сухого воздуха рассчитываются соответственно по следующим соотношениям:

$$\lambda_l = \frac{0,0595 \cdot t^{0,5}}{1 + \frac{2,46}{t}}, \quad (24)$$

$$\lambda_{\bar{N}\bar{A}} = \frac{0,0347 \cdot t^{0,5}}{1 + \frac{0,454}{t}}. \quad (25)$$

Здесь $M_l = 18,016$ кг/кмоль, $M_{\bar{N}\bar{A}} = 28,96$ кг/кмоль – молярные массы водяного пара и сухого воздуха соответственно; $t = T/T_0$; T – температура рабочей среды в конвектомате, К; $T_0 = 273,15$ К; X – влагосодержание паровоздушной смеси, которое находится через заданную относительную влажность воздуха ϕ по формуле [4, 11]:

$$x = \frac{\phi \frac{M_l}{M_{\bar{N}\bar{A}}}}{(p/p_0)^A \exp[-B(1-t^{-1}) + C(1-t)] - \phi}, \quad (26)$$

Численные значения коэффициентов A , B , C , согласно [4, 5], равны $A = 9,248$; $B = 27,098$; $C = 2,005$; $p = 101325$ Па – давление в камере конвектомата, которое примем равным атмосферному давлению; $p_l = 610,8$ Па – давление насыщенных паров воды при $T_0 = 273,15$ К.

Плотность влажного воздуха рассчитывается по зависимости из [7, 4]:

$$\rho = \rho_l (x+1) / (x + M_l / M_{\bar{N}\bar{A}}), \quad (27)$$

где плотность водяного пара ρ_l можно найти из уравнения состояния

$$\rho_l = \frac{M_l p}{RT}, \quad (28)$$

$R = 8314$ Дж/(кмоль К) – универсальная газовая постоянная.

Объемная теплоемкость среды определяется по формуле из [5]:

$$\rho c = \rho_l c_l (x + c_{\bar{N}\bar{A}} / \tilde{n}_l) / (x + M_l / M_{\bar{N}\bar{A}}), \quad (29)$$

где изобарные теплоемкости водяного пара и воздуха равны соответственно при 80 °С $\tilde{n}_l = 1873$ Дж / (кг К), $\tilde{n}_{\bar{N}\bar{A}} = 1006$ Дж / (кг К), а при 120 °С $\tilde{n}_l = 1894$ Дж / (кг К), $\tilde{n}_{\bar{N}\bar{A}} = 1012$ Дж/(кг К) [9].

Заключение

На основе исследований процессов тепло- и массообмена при тепловой обработке комбинированных рыбно-печеночно-растительных систем обоснованы ресурсосберегающие режимы термо-влажностной обработки комбинированных изделий: обжаривание при $t = 200$ °С, без увлажнения, продолжительность 5 мин; запекание при 180 °С, расход воды на увлажнение (4,0-4,3) 10^{-6} м³/с, продолжительность 10 – 15 минут, обеспечивающие снижение технологических потерь массы готового продукта с 18% до 5–7%.

ЛИТЕРАТУРА

1 Родионова Н.С., Попов Е.С., Бахтина Т.И., Погребная Д.А. Исследование влияния режимов термовлажностной обработки на сенсорные и биохимические показатели полуфабрикатов из гидробионтов // Вестник ВГУИТ. 2013. №1. С. 177-181.

2 Родионова Н.С., Гачев Л., Попов Е.С., Бахтина Т.И. Исследование процесса тепловой обработки предварительно вакуумированных пищевых систем на основе растительного и животного сырья // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-2. С. 288-293.

3 Сычева О.В., Скорбина Е.А., Трубина И.А., Измайлова С.А. и др. Использование продуктов переработки растительного сырья в технологии мясных полуфабрикатов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК - продукты здорового питания. 2017. №4 (18). С. 43-48.

4 Шугурова Т.Б. Инновации в термообработке полуфабрикатов // Мясные технологии. 2011. № 2 (98). С. 10-11.

5 Вороненко Б.А., Кобылянский И.Г., Цуранов О.А. Математическое моделирование процесса теплопереноса в объеме замороженного продукта в условиях хранения в торговом холодильном оборудовании // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2015. № 2 (32). С. 45-48.

6 Верболоз Е.И., Романчиков С.А. Особенности низкотемпературной тепловой обработки мясопродуктов в пароконвектомате с наложением ультразвуковых колебаний // Вестник ВГУИТ. 2017. №3 (73). С. 35-41.

7 Peshuk L.V., Ivanova T.M. Analysis of thermal treatment methods on quality indicators for special meat products // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького. 2015. V. 17. № 4 (64). P. 96-100.

8 Беляева М.А. Оптимизация пищевой и биологической ценности мясных полуфабрикатов в процессе тепловой обработки с целью обеспечения населения качественными продуктами питания. М.: Русайнс, 2017. 342 с.

9 Гайсин И.А., Исрафилов И.Х., Галиакбаров А.Т. Тепловая обработка пищевых продуктов // Современные тенденции развития науки и технологий. 2017. № 1-1. С. 36-38.

10 Бекишева Г.Б., Токаев С.Д. Методы тепловой обработки мясных консервов // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти Василия Матвеевича Горбатова. 2016. № 1. С. 56.

11 Баранец С.Ю., Куракин М.С., Костина Н.Г., Мотырева О.Г. и др. Влияние способов технологической обработки сырья животного происхождения на потребительские свойства готовой продукции // Техника и технология пищевых производств. 2015. № 1 (36). С. 5-11.

REFERENCES

1 Rodionova N.S., Popov E.S., Bakhtina T.I., Pogrebnaya D.A. Study of the influence hygrothermal

treatment regimes on sensory and biochemical parameters of the semi-aquatic. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2013. no.1. pp. 177-181. (in Russian).

2 Rodionova N.S., Gachev L., Popov E.S., Bakhtina T.I. Investigation of the process of heat treatment of previously evacuated food systems based on plant and animal raw materials. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental Research] 2013. no. 10-2. pp. 288-293. (in Russian)

3 Sycheva O.V., Skorбина E.A., Trubina I.A., Izmaylova S.A. Use of products of processing of vegetative raw materials in technology of meat semifinished products. *Tekhnologii pishchevoi I pererabatyvayushchei promyshlennosti* [Technologies of food and processing industry of AIC - healthy food products] 2017. no. 4 (18). pp. 43-48. (in Russian)

4 Shugurova T.B. Innovations in heat treatment of semi-finished products. *Myasnye tekhnologii* [Meat technologies] 2011. no. 2 (98). pp. 10-11. (in Russian)

5 Voronenko B.A., Kobylansky I.G., Tsuranov O.A. Mathematical modeling of the heat transfer process in the volume of the frozen product under storage conditions in commercial refrigeration equipment. *Tekhniko-tekhnologicheskie problemy servisa* [Technological and technological problems of service] 2015. no. 2 (32). pp. 45-48. (in Russian)

6 Vерболоз E.I., Romanchikov S.A. Features of low-temperature heat treatment of meat products in a combi steamer with superposition of ultrasonic oscillations. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2017. no. 3 (73). pp. 35-41. (in Russian)

7 Peshuk L.V., Ivanova T.M. Analysis of thermal treatment methods for special indicators for special meat products. Scientific herald of Lviv National University of veterinary medicine of biotechnology named after S.Z. Zhytsky. 2015. vol. 17. no. 4 (64). pp. 96-100.

8 Belyaeva M.A. Optimizatsiya pishchevoi I biologicheskoi tsennosti myasnykh polufabrikatov [Optimization of food and biological value of meat semifinished products in the process of heat treatment in order to provide the population with quality food products] Moscow, Rusains, 2017. 342 p. (in Russian)

9 Gaisin I.A., Israfilov I.Kh., Galiakbarov A.T. Heat treatment of food products. *Sovremennyye tendentsii razvitiya nauki I tekhnologii* [Modern trends in the development of science and technology] 2017. no. 1-1. pp. 36-38. (in Russian)

10 Bekisheva G.B., Tokaev S.D. Methods of heat treatment of canned meat. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya pamyati V.M. Gorbatov* [International scientific and practical conference dedicated to the memory of Vasily Matveyevich Gorbatov] 2016. no. 1. pp. 56. (in Russian)

11 Baranets S.Yu., Kurakin M.S., Kostina N.G., Motyрева O.G. et al. Influence of methods of technological processing of raw materials of animal origin on consumer properties of finished products. *Tekhnika I tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Technique and Technology of Food Production] 2015. no. 1 (36). pp. 5-11. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила Э. Глаголева д.т.н., профессор, кафедра туризма и гостиничного, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, milaprofi@mail.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lyudmila E. Glagoleva Dr. Sci. (Engin.), professor, Department of Tourism and Hotel Management, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, milaprofi@mail.ru

Наталья П. Зацепилина к.т.н., доцент, кафедра туризма и гостиничного, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nataha.zatsepilina@yandex.ru

Максим В. Копылов к.т.н., доцент, кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kopylov-maks@yandex.ru

Ирина В. Нестеренко магистрант, кафедра туризма и гостиничного дела, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.05.2018

Natal'ya P. Zatsepilina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Department of Tourism and Hotel Management, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nataha.zatsepilina@yandex.ru

Maksim V. Kopylov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Department of Tourism and Hotel Management, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kopylov-maks@yandex.ru

Irina V. Nesterenko master student, Department of Tourism and Hotel Management, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.16.2018

ACCEPTED 5.11.2018

Модель слоистого течения вязкопластичной Бингамовской жидкости в канале экструдера

Александр В. Гукасян¹ Aleksandr_Gukasyan@mail

¹Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, Краснодар, 350072, Россия

Реферат. Проведен анализ и установлено наличие зоны поршневого течения, оказывающей значительное влияние как на процесс экструдирования, так и на определение расходно-напорных характеристик шнека. Отмечено, что эффективная вязкость имеет физический смысл, если указывается скорость сдвига, которой она соответствует. Эффективная вязкость рассматривается как состоящая из двух компонентов: пластической вязкости, соответствующей вязкости ньютоновской жидкости, и структурной вязкости, которая характеризует сопротивление сдвигу, вызываемое тенденцией содержащихся в бингамовской жидкости твердых частиц образовывать структуру. Эффективную вязкость вводят во многие уравнения гидродинамики, если известна скорость сдвига, которой она соответствует. В канале шнека присутствуют зоны вынужденного потока, создаваемого динамическим напряжением сдвига, и обратного потока, создаваемого избыточным давлением сопротивления головки. Скорость сдвига в канале шнека отличается значительной неоднородностью и определяет сложный характер деформации сдвига материала в процессе экструдирования. Вне зависимости от амплитуды давления, жесткое ядро полностью исчезнуть не может, ибо при очень малых габаритах ядра значение давления должно быть весьма большим, а при исчезновении пластичного течения должно стать бесконечным. Таким образом, зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига для течения бингамовской вязкопластичной жидкости всегда нелинейная при любых значениях скорости сдвига. Важным элементом расчета расходно-напорных характеристик процесса экструдирования является локализация пластичного течения в канале шнека. В результате проведенного анализа модели слоистого течения вязкопластичной бингамовской жидкости в канале экструдера установлено наличие зоны поршневого течения, оказывающей значительное влияние как на процесс экструдирования, так и на определение расходно-напорных характеристик шнека.

Ключевые слова: Бингамовская жидкость, реология, экструдер, эффективная вязкость

Model of layered flow of viscous-plastic Bingham fluid in the extruder channel

Aleksandr V. Gukasyan¹ Aleksandr_Gukasyan@mail

¹Kuban state technological university, Moskovskaya str., 2, Krasnodar, 350072, Russia

Summary. The analysis is carried out and the presence of a zone of a piston flow, which has a significant influence both on the process of extrusion, and on the determination of the discharge-pressure characteristics of the screw, is established. It is noted that the effective viscosity has a physical meaning if the shear rate to which it corresponds is indicated. The effective viscosity is considered to consist of two components: the plastic viscosity corresponding to the viscosity of the Newtonian fluid and the structural viscosity that characterizes the shear resistance caused by the tendency of the solid particles contained in the Bingham liquid to form a structure. The effective viscosity is introduced into many hydrodynamic equations if the shear rate to which it corresponds is known. In the auger channel there are zones of forced flow created by the dynamic shear stress and the reverse flow of the head resistance created by the overpressure. The shear rate in the auger channel is marked by considerable heterogeneity and determines the complex nature of the shear deformation of the material during extrusion. Regardless of the pressure amplitude, the rigid core can not completely disappear, because for very small dimensions of the nucleus the pressure value must be very large, and with the disappearance of the plastic flow it must become infinite. Thus, the dependence of the shear stress on the shear rate for the flow of a Bingham viscoplastic fluid is always nonlinear for any values of the shear rate. An important element in the calculation of the discharge-pressure characteristics of the extrusion process is the localization of the plastic flow in the screw channel. As a result of the analysis of the model of the layered flow of viscoplastic Bingham liquid in the extruder channel, it is established that there is a zone of piston flow that exerts a significant influence both on the process of extrusion and on the determination of the discharge and pressure characteristics of the screw.

Keywords: Bingham liquid, rheology, extruder, effective viscosity

Введение

Создание инновационных технологий в пищевой промышленности базируется на углубленном изучении процессов. Особенно важен теоретический анализ механизмов реализации зеленых технологий. Развитие теоретических и практических методов дает возможность создания прорывных технологий. При этом одним из важнейших направлений их создания является изучение гидродинамики [1–4], зачастую осложненной нелинейными компонентами [5]. В этом случае изучение и моделирование процессов вязкопластичной гидродинамики

особенно важно для дальнейшего развития пищевых отраслей [6]. Понятие о пластичных жидкостях впервые ввел Бингам, поэтому их называют бингамовскими вязкопластичными жидкостями, или бингамовскими телами [7]. Они отличаются от ньютоновских жидкостей тем, что для инициирования течения требуется приложить некоторое конечное напряжение [8].

Результаты и обсуждение

Консистенция идеальной бингамовской вязкопластичной жидкости, описывается уравнением:

Для цитирования

Гукасян А.В. Модель слоистого течения вязкопластичной Бингамовской жидкости в канале экструдера // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 58–63. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-58-63

For citation

Gukasyan A.V. Model of layered flow of viscous-plastic Bingham fluid in the extruder channel. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 58–63. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-58-63

$$\tau - \tau_0 = -\mu_p \cdot \frac{dv(r)}{dr}, \quad (1)$$

где τ – напряжение сдвига; τ_0 – напряжение, необходимое для начала течения жидкости; μ_p – пластическая вязкость, которая определяется как касательное напряжение, превышающее предельное сдвиговое значение и сообщающее жидкости единичную скорость сдвига; $dv(r)$ – разность скоростей соседних слоев; dr – расстояние между ними; $-dv(r)/dr$ – скорость сдвига, для градиента скорости $dv(r)/dr$, определяемого наклоном профиля распределения скоростей.

Следовательно, ламинарное течение вязкопластичной бингамовской жидкости определяется уравнением:

$$\mu_p = \tau - \frac{\tau_0}{\gamma}, \quad (2)$$

где γ – скорость сдвига, определяемая через градиент скорости $\gamma = -dv(r)/dr$, как наклон профиля распределения скоростей. График консистенции ньютоновской жидкости представляет прямую линию, проходящую через начало координат, а наклон этой линии определяет пластическую вязкость (2). Поскольку вязкость ньютоновской жидкости μ не зависит от скорости сдвига, она является единственным параметром, определяющим свойства потока ньютоновской жидкости, в отличие от бингамовской (1) вязкопластичной жидкости:

$$\tau(\dot{\gamma}) = \tau_0 + \mu_p \cdot \dot{\gamma} \quad (3)$$

Общее сопротивление сдвигу бингамовской вязкопластичной жидкости (3) может быть выражено через эффективную вязкость μ_e при определенной скорости сдвига γ_e . Эффективную вязкость при известной скорости сдвига γ_e можно вычислить с помощью следующего выражения:

$$\mu_e = \mu_p + \frac{\tau_0}{\gamma_e}. \quad (4)$$

Сопротивление трения относительноному перемещению слоев, или эффективная вязкость (4) определяется, как вязкость аналогичной ньютоновской жидкости, соответствующую конкретным значениям напряжения и скорости сдвига бингамовской жидкости. Таким образом, эффективную вязкость можно рассматривать состоящей из двух компонентов: пластической вязкости, соответствующей вязкости ньютоновской жидкости, и структурной вязкости, которая характеризует сопротивление сдвигу, вызываемое тенденцией содержащихся в бингамовской жидкости твердых частиц образовывать структуру [9]. Как видно из уравнения (4) τ_0/γ_e составляет часть общего сопротивления сдвигу, уменьшающуюся с увеличением скорости сдвига; следовательно, с ростом скорости сдвига эффективная вязкость снижается. Следует особо отметить, что эффективная вязкость имеет физический смысл, если указывается скорость сдвига, которой она соответствует. Тем не менее, эффективную вязкость вводят во многие уравнения гидродинамики [10], если известна эта скорость сдвига. Пластичное течение при давлениях ниже τ_0 представлено явлением ползучести. В этом виде течения эффекты сдвига не проявляются. Суспензия течет как жесткое ядро, смазанное тонкой пленкой у стенки канала, а в ядре частицы удерживаются вместе силами притяжения, действующими между ними. Зависимость давления от расхода при течении бингамовской вязкопластичной жидкости определяется фактическим предельным динамическим напряжением сдвига без учета ползучести p_0 и условным предельным динамическим напряжением сдвига $(4/3) \times p_0$, определяющим движение жесткого ядра относительно асимптоты течения бингамовской жидкости [11]. В случае течения в прямоугольном канале шнека [12], с движущимися стенками и неподвижной крышкой [13], скорость потока ньютоновской жидкости определяется уравнением:

$$W_z(x, y, a, b) = V -$$

$$\sum_{k=0}^{\infty} \left\{ \left[\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot (2 \cdot k + 1)} - \frac{4 \cdot b^2}{\pi^3 \cdot (2 \cdot k + 1)^3} \cdot \frac{\Delta P}{\mu} \right] \cdot \operatorname{ch} \left(\pi \cdot x \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right) + \frac{4 \cdot b^2}{\pi^3 \cdot (2 \cdot k + 1)^3} \cdot \frac{\Delta P}{\mu} + \frac{4 \cdot \operatorname{sh} \left(\pi \cdot x \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right)}{\pi^3 \cdot (2 \cdot k + 1)^3} \cdot \left[b^2 \cdot \operatorname{th} \left(\pi \cdot a \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right) \cdot \frac{\Delta P}{\mu} - V \cdot \operatorname{cth} \left(\pi \cdot a \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right) \cdot \pi^2 \cdot (2 \cdot k + 1)^2 \right] \right\} \cdot \sin \left(\pi \cdot y \cdot \frac{2 \cdot k + 1}{b} \right) \quad (5)$$

Скорость потока (5) формирует градиент, который представляет собой вектор ∇W_z :

$$\nabla W_z = \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial x} \vec{e}_x + \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial y} \vec{e}_y, \quad (6)$$

определяющий наклон профиля распределения скоростей. Скорость сдвига определяется как модуль градиента скорости слоистого течения (6) в направлении движения канала с габаритами $a \times b$ по оси Z в его прямоугольном сечении по осям X и Y:

$$\left| \frac{dv(r)}{dr} \right| = \sqrt{\left| \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial y} \right|^2}. \quad (7)$$

Соотношение (7) позволяет определить эффективную вязкость ламинарного течения по прямоугольному каналу:

$$\mu_e = \mu_p + \frac{\tau_o}{\sqrt{\left| \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial y} \right|^2}} \quad (8)$$

и, следовательно, использовать соотношение (8) для определения расходно-напорных характеристик в зоне ламинарного течения экструдированной бингамовской жидкости. В данном случае важным показателем является скорость сдвига связанная с модулем градиента соотношением

$$|\gamma| = \sqrt{\left| \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial y} \right|^2},$$

позволяющим локализовать зону пластичного течения экструдированного материала в канале шнека. В случае $\tau_o = \mu_p \cdot \lambda$ наблюдается граница течения в виде жесткого ядра. В результате расчетов по зависимостям (5) и (7) были получены диаграммы линий уровня скоростей слоев w и скоростей сдвига γ для усредненных показателей (габариты канала 40×150 мм; скорости стенок канала 1,5 м/сек; градиента давления 700 кПа/м; и эффективной вязкости материала 100 Па·сек) промышленных шнековых прессов (рисунок 1).

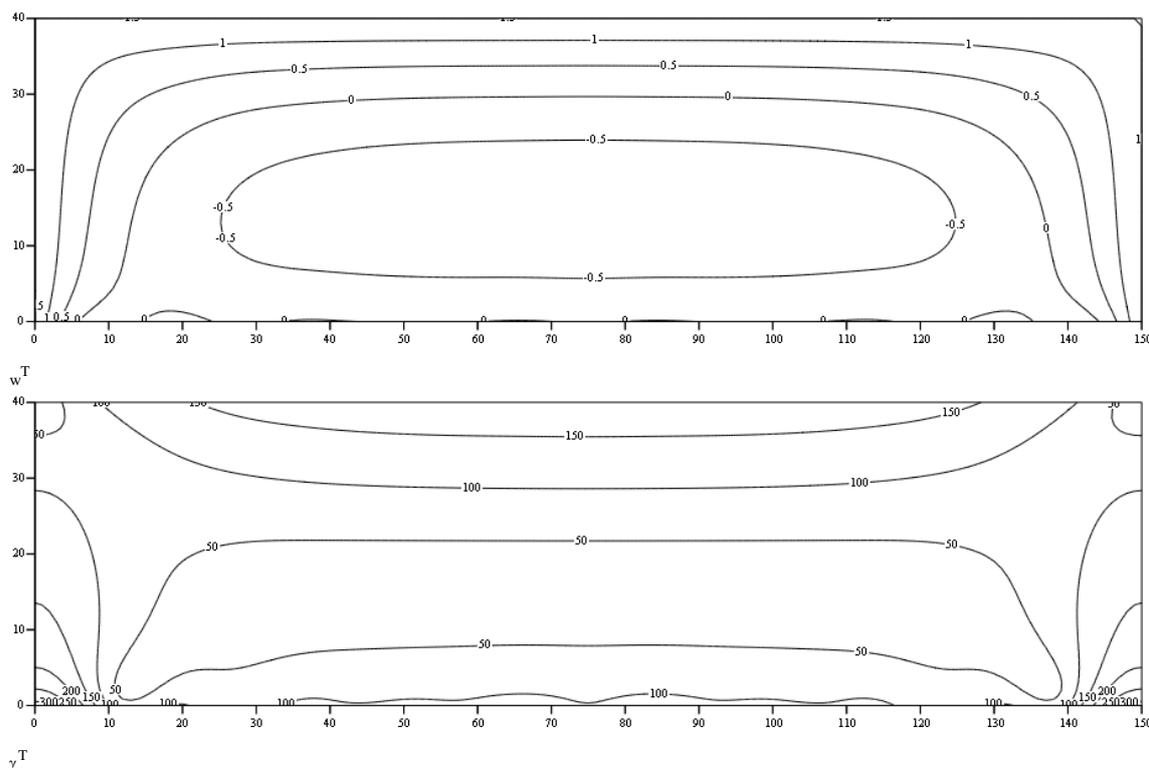


Рисунок 1. Диаграммы линий уровня скоростей слоев w и скоростей сдвига γ для усредненных показателей промышленных шнековых прессов

Figure 1. Diagrams of the layer velocity level lines w and shear rates γ for the average values of industrial screw presses

Как видно из представленных данных (рисунок 1) в канале шнека присутствуют зоны вынужденного потока создаваемого динамическим напряжением сдвига и обратного потока создаваемого избыточным давлением сопротивления головки. Скорость сдвига в канале шнека отличается значительной неоднородностью и определяет сложный характер деформации сдвига материала в процессе экструдирования.

При давлениях превышающих давление p_0 , при котором начинается пластичное течение у крышки канала, начинается ламинарное течение. При давлениях, превышающих p_0 , ламинарное течение постепенно охватывает остальные слои, и поток представляет собой жесткое ядро, окруженное зоной ламинарного течения [14]. В вязкой жидкости касательные напряжения в центральной плоскости течения равны нулю. Поэтому около этой поверхности будет формироваться пластинчатое ядро, где $\tau \leq \tau_0$. Напряжения внутри этой области будут чисто упругими, и оно будет двигаться как жесткое целое. При $x = x_0; y = y_0$ имеем $d/dr W_z(x, y, a, b) = 0$. Следовательно, для $x \leq x_0$ и $y \leq y_0$, хотя и есть движение, течение отсутствует. Область локализации пластичного течения определяется равенством:

$$\sqrt{\left| \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial x} \right|^2 + \left| \frac{\partial W_z(x, y, a, b)}{\partial y} \right|^2} \Bigg|_{x=x_0, y=y_0} = 0 \quad (9)$$

Учитывая симметричность задачи относительно середины канала по оси Y рассмотрим одномерное уравнение при $y_c = b/2$ течения в рамках бингамовской реологической модели

для усредненных показателей промышленных шнековых прессов (рисунок 2). Для выделения пластичного ядра используем уравнение (9) определив положение пластичного течения относительно координаты x , для $y_c = b/2$:

$$\frac{dW_z(x, y_c, a, b)}{dx} \Bigg|_{x=x_0} = 0 \quad (10)$$

Из соотношения (10) определяем положение средней части зоны пластичного поршневого течения ($x_0 = 11,51$ мм) и определив скорость сдвига на границе этой зоны

$$\frac{dW_z(x_0, y_c, a, b)}{dx} = 33.93 \text{ Гц}$$

определяем её положение относительно средней линии из системы уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dW_z(x_0, y_c, a, b)}{dx} = \frac{dW_z(x_n, y_c, a, b)}{dx} \\ \frac{dW_z(x_0, y_c, a, b)}{dx} = \frac{dW_z(x_n, y_c, a, b)}{dx} \end{cases} \quad (11)$$

Определив положение границ зоны пластичного течения на оси симметрии из системы уравнений (11) выделяем зону пластичного течения по скорости сдвига соответствующей найденным значениям координат. При этом скорость поршневого течения в этой зоне определяется соотношением

$$W_z(x_0, y_c, a, b),$$

которое получаем подстановкой найденной координаты x_0 из уравнения (10).

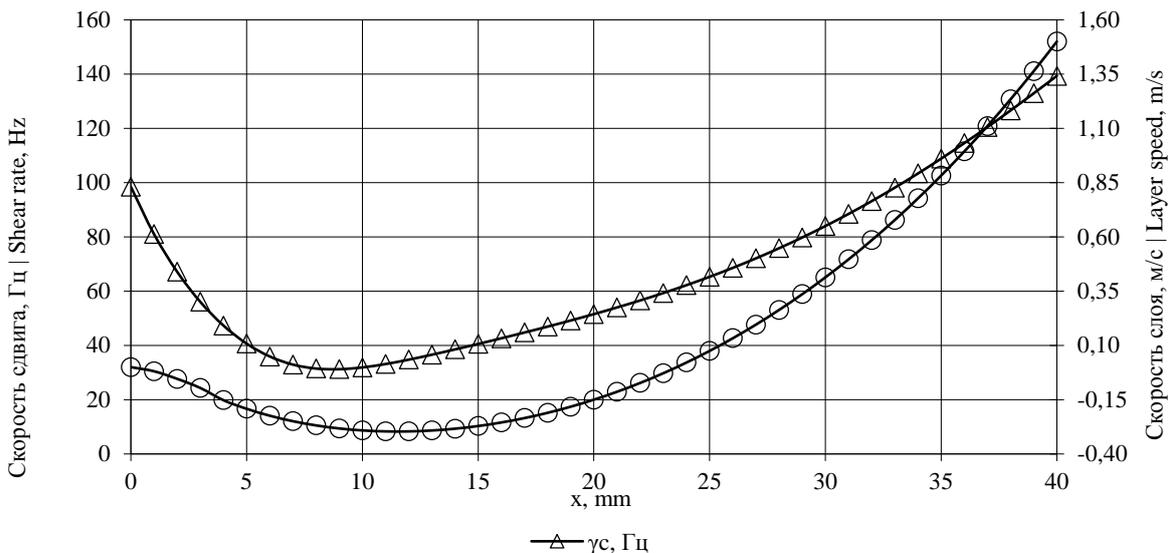


Рисунок 2 Распределение скоростей слоев w_s и скоростей сдвига γ_s по оси симметрии канала
 Figure 2. Distribution of velocities of the w_s layers and shear rates of the γ_s along the channel symmetry axis

Таким образом, течение в пластичном ядре канала экструдера представляет собой течение с жестким ядром (рисунок 3). При этом напряжение в этой области не превышает предел текучести. Абсолютного предельного динамического напряжения сдвига не существует, поэтому бингамовское предельное динамическое напряжение сдвига, это напряжение сдвига, необходимое для инициации ламинарного течения суспензии. Если давление постепенно увеличивать от нуля, суспензия вначале движется как жесткое ядро, а профиль скоростей представляет собой прямую линию, перпендикулярную к оси Z. Вне зависимости

от амплитуды давления, жесткое ядро полностью исчезнуть не может, ибо при очень малых габаритах ядра значение давления должно быть весьма большим, а при исчезновении пластичного течения должно стать бесконечным. Таким образом, зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига для течения бингамовской вязкопластичной жидкости всегда нелинейная при любых значениях скорости сдвига. Следовательно, важным элементом расчета расходно-напорных характеристик процесса экструдирования является локализация пластичного течения в канале шнека.

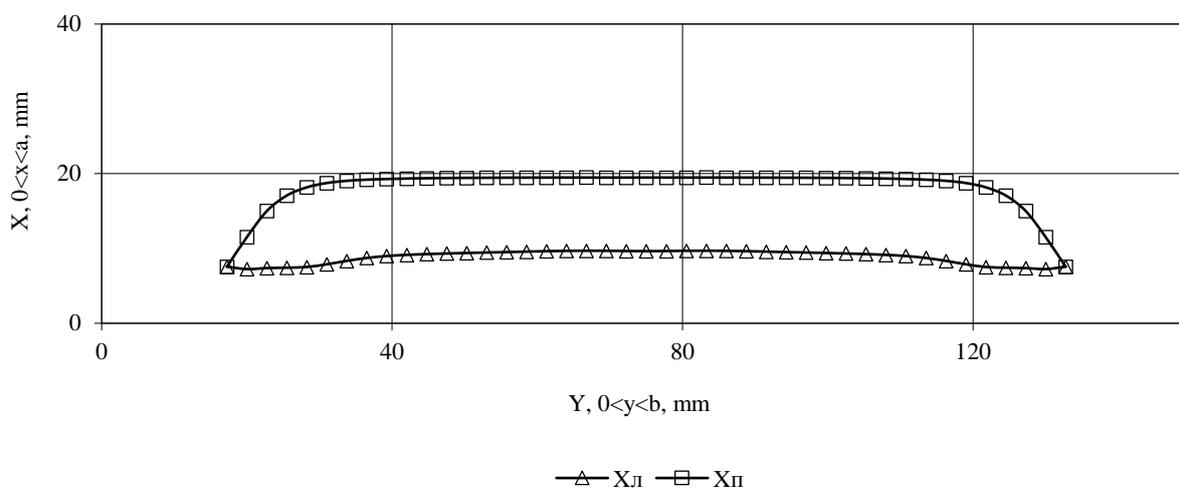


Рисунок 3. Геометрия зоны пластичного ядра в канале экструдера

Figure 3. The geometry of the plastic zone of the core in the channel of the extruder

Заключение

В результате проведенного анализа модели слоистого течения вязкопластичной бингамовской жидкости в канале экструдера

ЛИТЕРАТУРА

1 Заславец А.А., Схляхов А.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С. и др. Гидравлика реверсивного течения внутри мембраны контактора // Новые технологии. 2013. № 2. С. 91–94.

2 Косачев В.С. Повышение эффективности рафинации масел в мыльно-щелочной среде на основе изучения физико-химических особенностей процесса: Автореф. дис. канд. техн. наук. Краснодар: Краснодарский ордена Трудового Красного Знамени политехнический институт, 1985. 28 с.

3 Косачев В.С. Теоретические и практические основы осложненной поверхностно-активными веществами массопередачи в процессе рафинации масел: Автореф. дис. д-ра техн. наук. Краснодар: Кубанский государственный технологический университет, 1998. 48 с.

4 Меретуков З.А., Заславец А.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С. Методы решения дифференциальных уравнений гидродинамики // Новые технологии. 2012. № 1. С. 36–41.

установлено наличие зоны поршневого течения, оказывающей значительное влияние как на процесс экструдирования, так и на определение расходно-напорных характеристик шнека.

5 Меретуков З.А., Косачев В.С., Кошевой Е.П. Решение задачи нелинейной напоропроводности при отжиме // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 5–6 (323–324). С. 62–64.

6 Подгорный С.А., Косачев В.С., Кошевой Е.П., Схляхов А.А. Влажностно-температурные кинетические зависимости при сушке // Новые технологии. 2014. № 1. С. 43–47.

7 Bingham Medalists. The Society of Rheology. URL: <http://www.rheology.org>.

8 Подгорный С.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С., Зверев С.В. Статистическая оценка кластерной модели гигроскопичности зерна // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 6. С. 11–14.

9 Подгорный С.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С., Схляхов А.А. Постановка задачи описания переноса тепла, массы и давления при сушке // Новые технологии. 2014. № 3. С. 20–27.

10 Подгорный С.А., Меретуков З.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С. Метод конечных элементов в решении задач теплопроводности // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 2 (56). С. 10–15.

11 Схаляхов А.А., Верещагин А.Г., Косачев В.С., Кошевой Е.П. Разработка модели конденсации парогазовых смесей с полимерными полуволоконными мембранами // Новые технологии. 2009. № 1. С. 39–43.

12 Gukasyan A.V. Identification of rheological dependencies of oil material processed in a screw press. //International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2017. V. 8. № 10. P. 708–718.

13 Гукасян А.В. Анализ факторов процесса отжима растительного масла в шнековом прессе // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2017. № 4 (358). С. 64–68.

14 Карманова О.В., Муромцев Д.Н., Пичхидзе С.Я. Влияние параметров смещения на реологические и внешневидовые характеристики резиновых смесей нефромовых профилей // Вестник ВГУИТ. 2014. №3. С. 118-121.

REFERENCES

1 Zaslavets A.A., Shalyakhov A.A., Koshevoi E.P., Kosachev V.S. Hydraulic of the reverse flow inside the contactor membrane. *Novye tekhnologii* [New technologies] 2013.no. 2. pp. 91-94. (in Russian)

2 Kosachev V.S. Povyshenie effektivnosti rafinatsii masel v my'no-shchelochnoi srede [Improving the efficiency of oil refining in the soap-alkaline environment on the basis of studying the physico-chemical features of the process] Krasnodar, Krasnodar Order of the Red Banner of Labor, Polytechnic Institute, 1985. 28 pp. (in Russian)

3 Kosachev V.S. Teoreticheskie i prakticheskie osnovy oslozhnennoi PAV massoperedachi [Theoretical and practical foundations of mass transfer complicated by surface-active substances in the process of oil refining] Krasnodar, Kuban State Technological University, 1998. 48 p. (in Russian)

4 Meretukov Z.A., Zaslavets A.A., Koshevoi E.P., Kosachev V.S. Methods for solving differential equations of hydrodynamics. *Novye tekhnologii* [New technologies]. 2012. no 1. pp. 36-41. (in Russian)

5 Meretukov Z.A., Kosachev V.S., Koshevoi E.P. Solution of the problem of non-linear porosity during spinning. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii*. [News of universities. Food technology] 2011. no. 5-6 (323-324). pp. 62-64. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр В. Гукасян к.т.н., зав. кафедрой, кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, Краснодар, 350072, Россия, Aleksandr_Gukasyan@mail

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Александр В. Гукасян Полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 23.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 27.04.2018

6 Podgorny S.A., Kosachev V.S., Koshevoi E.P., Shalyakhov A.A. Moisture-temperature kinetic dependencies during drying. *Novye tekhnologii* [New technologies]. 2014. no. 1. pp. 43-47. (in Russian)

7 Bingham Medalists. The Society of Rheology. Available at: <http://www.rheology.org>.

8 Podgorny S.A., Koshevoi E.P., Kosachev V.S., Zverev S.V. Statistical estimation of the cluster model of grain hygroscopicity. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storage and processing of agricultural raw materials] 2011.no. 6. pp. 11-14. (in Russian)

9 Podgorny S.A., Koshevoi E.P., Kosachev V.S., Shalyakhov A.A. Statement of the task of describing heat transfer, mass and pressure during drying *Novye tekhnologii* [New technologies] 2014.no. 3. pp. 20-27. (in Russian)

10 Podgorny S.A., Meretukov Z.A., Koshevoi E.P., Kosachev V.S. Finite element method in solving heat conduction problems. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2013. no. 2 (56). pp. 10-15. (in Russian)

11 Shalyakhov A.A., Vereshchagin A.G., Kosachev V.S., Koshevoi E.P. Development of a condensation model for vapor-gas mixtures with polymeric hollow fiber membranes. *Novye tekhnologii* [New technologies]. 2009. no. 1. pp. 39-43. (in Russian)

12 Gukasyan A.V. Identification of rheological dependencies of oil material processed in a screw press. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. vol. 8. no. 10. pp. 708–718.

13 Gukasyan A.V. Analysis of factors of the process of pressing vegetable oil in a screw press. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii*. [News of universities. Food technology] 2017. no. 4 (358). pp. 64-68. (in Russian)

14 Karmanova O.V., Muromtsev D.N., Pichkhidze S.I. Influence of mixing parameters on the rheological and surface appearance characteristics of rubber compounds unshaped profiles. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies]. 2014. no. 3. pp. 118-121. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr V. Gukasyan Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technological Equipment and Life Support Systems Department, Kuban state technological university, Krasnodar, Moskovskaya 2, 350072, Russia, Aleksandr_Gukasyan@mail

CONTRIBUTION

Aleksandr V. Gukasyan Completely prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.23.2018

ACCEPTED 4.27.2018

Теоретические предпосылки управления технологией мучных кондитерских изделий и их практическая реализация

Тимофей В. Герасимов	¹	mki.niikp@m.ru
Михаил А. Талейсник	¹	mki.niikp@m.ru
Наталья А. Щербакова	¹	mki.niikp@m.ru
Ирина М. Святославова	¹	confect@m.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, ул. Электрозаводская, 19, стр. 3, г. Москва, 107023, Россия

Реферат. Развитие технологий мучных кондитерских изделий, осуществляемое Всероссийским научно-исследовательским институтом кондитерской промышленности, находится в области знаний производственной инженерии, являющиеся инструментами создания инновационных технологий. Внедрение инноваций, на кондитерских предприятиях осуществляется сопряжением оборудования, регулирующих, измерительных, информационных систем, путем устранения технических противоречий между функционированием и управлением технологическим потоком. Теоретическими предпосылками управления технологиями мучных кондитерских изделий явились положения системного подхода и физико-химической механики. Таким образом, путем определения критериев и регулирования реологическими свойствами кондитерских масс обеспечивается стабилизация процесса и становится возможным управление на промежуточных стадиях и технологического потока в целом для разных видов изделий, имеющие общий принцип строения технологического процесса. С целью практической реализации теоретических предпосылок управления технологией институтом разработан комплекс технологических приемов. Получение двухфазных систем для каждого вида сырья обеспечивают возможность адаптации технологии к использованию сырья со значительным диапазоном качественных характеристик. Увеличение количества «свободной» воды обеспечивают получение теста с заданной влажностью. Подача компонентов на замес теста обеспечивает повышение равномерности распределения компонентов. Управление степенью растворения сахара обеспечивает получения изделий с заданными структурно-механическими показателями. Применение нового вида подвода энергии обеспечивает увеличение количества частиц твердой фазы в эмульсии более чем в 75 раз и интенсификацию технологического процесса. Способы получения полуфабрикатов на основе овощей и фруктов обеспечивает возможность получения полуфабрикатов из свежих фруктов и овощей по разработанным институтом технологиям. Также в практической реализации необходимо использовать разработки института, в которых освещены основные принципы создания инновационных технологий мучных кондитерских изделий с заданными структурой и свойствами.

Ключевые слова: производственная инженерия, системный подход, управление технологией, физико-химическая механика, технологические приёмы

Theoretical background the control technology of flour confectionery products and their practical implementation

Timofei V. Gerasimov	¹	mki.niikp@m.ru
Mikhail A. Taleisnik	¹	mki.niikp@m.ru
Natal'ya A. Shcherbakova	¹	mki.niikp@m.ru
Irina M. Svyatoslavova	¹	confect@m.ru

¹ All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Electrozavodskaya, 20, bld.3, Moscow, 107023, Russia

Summary. The development of technologies of flour confectionery products, carried out by the all-Russian research Institute of the confectionery industry, is in the field of knowledge of industrial engineering, which are tools for creating innovative technologies. Innovation, confectionery companies carried out by combining equipment, control, measuring and information systems, by eliminating technical contradictions between the operation and control of technological flow. Theoretical prerequisites for the management of technologies of flour confectionery products were the provisions of the system approach and physico-chemical mechanics. Thus, by determining the criteria and regulation of the rheological properties of confectionery masses provides stabilization of the process and it becomes possible to control the intermediate stages and the flow of technology as a whole for different types of products that have a common principle of the structure of the process. For the purpose of practical realization of theoretical prerequisites of technology management the Institute has developed a complex of technological methods. Obtaining of two-phase systems for each type of raw material provides the possibility of adapting the technology to the use of raw materials with a significant range of quality characteristics. Increasing the amount of "free" water provides a test with a given humidity. The flow of components for kneading dough ensures an increase in the uniformity of the distribution of components. Control of the degree of dissolution of sugar provides products with specified structural and mechanical parameters. The use of a new type of energy supply provides an increase in the number of solid phase particles in the emulsion more than 75 times and intensification of the process. Methods of obtaining semi-finished products on the basis of fruits and vegetables provides the possibility of obtaining semi-finished products from fresh fruits and vegetables according to the technologies developed by the Institute. Also in practical implementation it is necessary to use developments of Institute in which the basic principles of creation of innovative technologies of flour confectionery with the set structure and properties are lit.

Keywords: industrial engineering, system approach, technology management, physical and chemical mechanics, technological operation

Для цитирования

Герасимов Т.В., Талейсник М.А., Щербакова Н.А., Святославова И.М. Теоретические предпосылки управления технологией мучных кондитерских изделий и их практическая реализация // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 64–67. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-64-67

For citation

Gerasimov T.V., Taleisnik M.A., Shcherbakova N.A., Svyatoslavova I.M. Theoretical background the control technology of flour confectionery products and their practical implementation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 64–67. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-64-67

В эволюционном подходе к развитию технологий мучных кондитерских изделий институтом применяются научные знания из области производственной инженерии, занимающейся проектированием, развитием и исследованием интегрированных систем (состоящих из людей, денежных средств, знаний, информации, оборудования, энергии, материалов и процессов) являющиеся инструментами создания инновационных технологий.

Для инноваций характерно постоянное развитие производства, которое осуществляется по двум направлениям:

— технологическое с применением механизации, автоматизации, электронизации, для приготовления изделий с заданными показателями качества, при одновременной интенсификации процессов производства и снижении энергетических затрат.

— ассортиментное с использованием сырья с заданными характеристиками, в том числе нетрадиционного, обеспечивающего создание изделий со сбалансированным составом для разных групп населения.

Внедрение инноваций, на кондитерских предприятиях осуществляемое сопряжением оборудования, измерительных, регулирующих, информационных систем и путем устранения технических противоречий между функционированием и управлением технологическим потоком.

Теоретическими предпосылками управления технологиями мучных кондитерских изделий явились положения системного подхода и физико-химической механики.

Определяющими положениями системного подхода являются системный анализ и синтез. Системный анализ предполагает расчленение потока на составляющие его операции поддающиеся управлению с целью оценки их стабильности. А системный синтез – соединение операций в единый технологический поток с целью определения его уровня целостности [6–10].

Анализ технологий мучных кондитерских изделий с позиций системного подхода показал, что в них присутствуют общие принципы приготовления, что позволяет перейти от отдельных частных технологий к универсальному прототипу характерному по строению технологического процесса для разных видов изделий – подготовка сырья, приготовление теста, выпечка, охлаждение изделий.

Кондитерские изделия с позиций физико-химической механики это многофазные высококонцентрированные системы и характеризуется следующими критериями – дисперсностью,

конфигурацией твёрдых частиц, их концентрацией и равномерностью распределения компонентов.

Таким образом, путем определения критериев и регулирования реологическими свойствами кондитерских масс становится возможным управлять процессами на промежуточных стадиях и технологического потока в целом.

Для практической реализации теоретических предпосылок управления технологическим потоком институтом разработан комплекс технологических приемов объединенные в группы:

– получение двухфазных систем отдельно для каждого вида сырья. Деагрегирование муки просеиванием и аэрированием обеспечивает снижение её вязкости на 47% (рисунок 1).

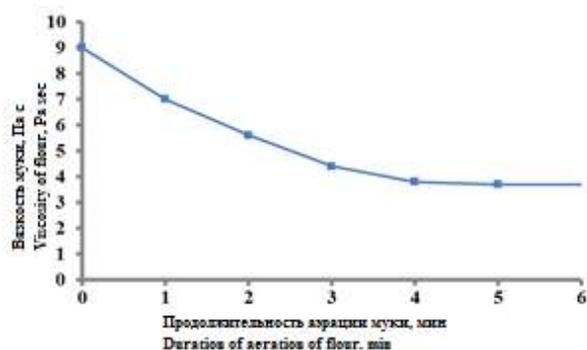


Рисунок 1. Влияние аэрации на вязкость муки

Figure 1. The influence of aeration on the viscosity of flour

Набухание яичного порошка при смешивании с водой в соотношении 1:2,5, или с фруктовым (овощным) пюре в соотношении 1:9. Приготовление композиции лецитина с жиром в соотношении 1:1. Приготовление раствора солодового экстракта с водой в соотношении 1:1. Приёмы данной группы обеспечивают возможность адаптации технологии к использованию сырья со значительным диапазоном качественных характеристик:

— увеличение количества «свободной» воды за счет замены сырья и полуфабрикатов на рецептурные компоненты с повышенным содержанием сухих веществ (СВ): инвертный сироп (СВ 70 %, редуцирующих веществ (РВ) 30–50%) на кислый инвертный сироп (СВ 80%, РВ 80%), маргарин на безводный растительный жир, цельное молоко на сухое молоко, меланж яйца на яичный порошок. Приёмы обеспечивают получение теста с заданной влажностью.

— подача компонентов на замес теста: эмульсии и смеси сыпучих компонентов одновременно двумя потоками (рисунок 2) Прием обеспечивает повышение равномерности распределения компонентов.

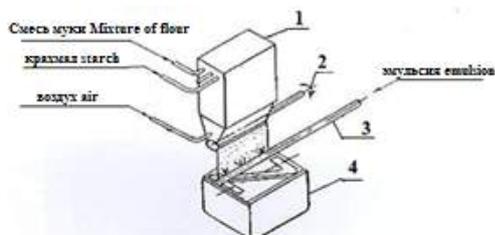


Рисунок 2. Принципиальная схема устройства одновременной подачи компонентов на замес теста
1 – бункер, 2 – устройство подачи сыпучих компонентов, 3 – устройство подачи эмульсии, 4 – месильная машина

Figure 2. Schematic diagram of the simultaneous supply of components for kneading dough

1 - bunker, 2 - the device for the supply of bulk components, 3 - the emulsion supply device, 4 - kneading machine

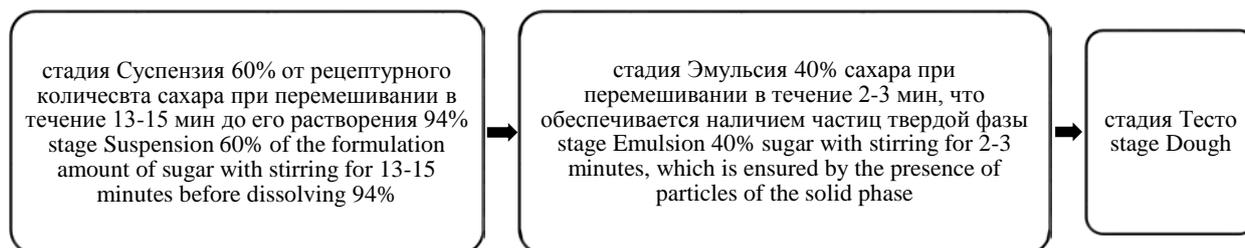


Рисунок 3. Принципиальная схема стадийной подачи сахара-песка при приготовлении теста

Figure 3. Schematic diagram of the stage feed of sugar in the preparation of the dough

— применение нового вида подвода энергии при обработке жидких сред (сиропов, суспензий, эмульсий) в ряде инновационных технологий мучных кондитерских изделий: совмещение акустической с частотой колебаний 18–24 кГц и гидродинамической кавитаций

— управление степенью растворения сахара-песка подачей в два приема: на стадии получения суспензии подают 60% сахара от рецептурного количества для его максимального растворения до 94%, на стадии получения эмульсии подают 40% сахара смешанного с жиром, с целью предотвращения его растворения (рисунок 3). Прием обеспечивает получения изделий с заданными структурно-механическими показателями.

во взаимно-перпендикулярных плоскостях (таблица 1). Прием обеспечивает увеличение количества частиц твердой фазы в эмульсии более чем в 75 раз и интенсификацию технологического процесса.

Таблица 1.

Дисперсность частиц твердой фазы на примере эмульсии при различных способах обработки

Table 1.

Dispersion of solid particles on the example of the emulsion at different processing methods

Способ обработки эмульсии A method of processing emulsions	Дисперсность частиц твердой фазы в эмульсии The dispersion of solid particles in the emulsion	
	Размер частиц, мкм Particle size, mkm	Среднее количество в условной единице площади, шт. Average quantity per unit area, pcs
a	25	2,58
b	6	194,6

Примечание: а – без кавитации; б – с кавитацией.

Note: a – without cavitation; b – with cavitation.

— способы получения полуфабрикатов из овощей и фруктов: измельчение с термостерилизацией (пюре, пасты), фракционирование (нектары, соки). Прием обеспечивает возможность получения полуфабрикатов из свежих фруктов и овощей по разработанным институтом технологиям.

Также в практической реализации теоретических предпосылок управления технологическим потоком необходимо использовать разработки института, в которых освещены основные принципы создания инновационных технологий мучных кондитерских изделий:

— научные основы управления модификацией частиц твердой фазы при переходе коагуляционной структуры в конденсационно-кристаллизационную в процессе структурообразования МКИ;

— научные основы создания инновационной сквозной аграрно-пищевой технологии;

— теоретические основы совмещения двух видов подвода энергии во взаимно перпендикулярных плоскостях;

— научные основы получения мучных кондитерских изделий с использованием фруктов, овощей и продуктов их переработки – естественных носителей витаминов и микроэлементов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Производственная инженерия. Wikimedia Foundation 2010 // Словари и энциклопедии на Академике URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/674330>.

2 Аксенова Л.М., Кочетов В.К., Лисицын А.Б., Никольский К.Н. и др. Пищевые технологии будущего и нанобразования биополимеров. Краснодар: Диапазон-В, 2015. 304 с.

3 Антипов С.Т., Журавлев А.В., Казарцев Д.А., Мордасов А.Г. Инновационное развитие техники пищевых технологий. СПб: «Лань», 2016. 660 с.

4 Антипов С.Т., Панфилов В.А., Ураков О.А., Шахов С.В. Системное развитие техники пищевых технологий. М.: Колос, 2010. 762 с.

5 Аксенова Л.М., Савенкова Т.В., Святославова И.М. Научные основы развития технологий кондитерских изделий. М.: Интеллект-Центр, 2013. 319 с.

6 Butt S. et al. A comparison of the mechanical and sensory properties of baked and extruded confectionery products // AIP Conference Proceedings. 2017. V. 1896. №. 1. P. 150003.

7 Alam M. S., Kaur J., Khaira H., Gupta K. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review // Critical reviews in food science and nutrition. 2016. №56(3). P. 445-473.

8 Starowicz M., Koutsidis G., Zieliński H. Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—a review // Critical reviews in food science and nutrition. 2013. P. 1-13.

9 Lozano M. Maximise productivity with flexible processing technology // South African Food Review. 2018. V. 44. №. 11. P. 12-14.

10 West R., Rousseau D. The role of nonfat ingredients on confectionery fat crystallization // Critical reviews in food science and nutrition. 2017. P. 1-20.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Тимофей В. Герасимов к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория технология производства мучных кондитерских изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, ул. Электrozаводская, 20, г. Москва, 107023, Россия, mki.niikp@m.ru

Михаил А. Талейник к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория технология производства мучных кондитерских изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, ул. Электrozаводская, 20, г. Москва, 107023, Россия, mki.niikp@m.ru

Наталья А. Щербак к.т.н., ведущий научный сотрудник, лаборатория технология производства мучных кондитерских изделий, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, ул. Электrozаводская, 20, г. Москва, 107023, Россия, mki.niikp@m.ru

Ирина М. Святославова к.т.н., заместитель директора по научной работе, дирекция, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, ул. Электrozаводская, 20, г. Москва, 107023, Россия, confect@m.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 03.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.05.2018

REFERENCES

1 Industrial engineering. Wikimedia Foundation 2010. Slovari i entsiklopediya. *Slovari i entsiklopedii na Akademike* [Academic Dictionaries and Encyclopedias] Available at: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/674330> (in Russian).

2 Aksenova L.M., Kochetov V.C., Lisitsyn A.B., Nikolsky K.N. Pishchevyte tekhnologii budushchevogo [Food technologies of the future and nanoproprietary biopolymers] Moscow, Range-V, 2015. 304 p. (in Russian)

3 Antipov S.T., Zhuravlev A.V., Kazartsev D.A., Mordasov A.G. Innovatsionnoe razvitie tekhniki pishchevykh tekhnologii [Innovative development of food technology technology] Saint-Petersburg, Lan', 2016. 660 p. (in Russian)

4 Antipov S.T., Panfilov V.A., Urakov O.A., Shahov S.V. Sistemnoe razvitie tekhniki pishchevykh tekhnologii [System development of food technology technology] Moscow, Kolos, 2010. 762 p. (in Russian)

5 Aksenova L.M., Savenkova T.V. Svyatoslavova I.M. Nauchnye osnovy razvitiya tekhnologii [Scientific bases of development of technologies of confectionery] Moscow, Intelligence-Center, 2013, 319 p. (in Russian).

6 Butt S. et al. A comparison of the mechanical and sensory properties of baked and extruded confectionery products. AIP Conference Proceedings. 2017. vol. 1896. no. 1. pp. 150003.

7 Alam M. S., Kaur J., Khaira H., Gupta K. Extrusion and extruded products: changes in quality attributes as affected by extrusion process parameters: a review. Critical reviews in food science and nutrition. 2016. no. 56(3). pp. 445-473.

8 Starowicz M., Koutsidis G., Zieliński H. Sensory analysis and aroma compounds of buckwheat containing products—a review. Critical reviews in food science and nutrition. 2013. pp. 1-13.

9 Lozano M. Maximise productivity with flexible processing technology. South African Food Review. 2018. vol. 44. no. 11. pp. 12-14.

10 West R., Rousseau D. The role of nonfat ingredients on confectionery fat crystallization. Critical reviews in food science and nutrition. 2017. pp. 1-20.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Timofei V. Gerasimov Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory technology of production of flour confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Electrozavodskaya, 20, bld.3, Moscow, 107023, Russia, mki.niikp@m.ru

Mikhail A. Taleisnik Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory technology of production of flour confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Electrozavodskaya, 20, bld.3, Moscow, 107023, Russia, mki.niikp@m.ru

Natal'ya A. Shcherbakova Cand. Sci. (Engin.), leading researcher, laboratory technology of production of flour confectionery products, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Electrozavodskaya, 20, bld.3, Moscow, 107023, Russia, mki.niikp@m.ru

Irina M. Svyatoslavova Cand. Sci. (Engin.), Deputy Director for research, directorate, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Electrozavodskaya, 20, bld.3, Moscow, 107023, Russia, confect@m.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.3.2018

ACCEPTED 5.15.2018

Анализ и обоснование основных параметров теплоносителя для конвективного аппарата

Арте́м М. Давы́дов	1	Amdavydov@mail.ru
Дени́с М. Давы́дов	1	davydov.dm@rea.ru
Влади́мир П. Кирпи́чников	1	vpkirpichnikov@mail.ru
Екатери́на А. Давы́дова	2	katjushka-strish@mail.ru

¹ Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, Москва, 117997, Россия

² Пушкинский отдел Королевского филиала Московского областного БТИ, ул. Лесная, 1, МО, Пушкино, 141200, Россия

Реферат. Основным звеном в технологическом процессе производства кулинарных изделий является тепловая обработка пищевых продуктов. Научная и инновационная деятельность по созданию энергоэффективных процессов при тепловой кулинарной обработке продуктов, обеспечению высокого качества и органолептических показателей готовых изделий, является актуальной задачей. В работе, на основании критериальных уравнений подобия, представлено теоретическое обоснование влияния величины скорости движения теплоносителя (греющей среды) в рабочей камере конвективного аппарата на интенсификацию процесса теплоотдачи от теплоносителя к нагреваемому изделию, что приводит к снижению температуры теплоносителя в процессе тепловой кулинарной обработки и сокращению ее продолжительности, в следствие чего увеличивается выход готовых изделий и снижается расход электрической энергии на единицу производимой продукции. Наглядно показано, что оптимальная скорость движения теплоносителя в рабочей камере конвективного аппарата должна быть не ниже 0,5 м/с при высоте яруса 0,06 м и 0,72 м/с для яруса высотой 0,04 м. В случае тепловой кулинарной обработки крупнокусковых полуфабрикатов минимальная скорость составляет 1–1,5 м/с. Для обеспечения равномерного нагрева изделий по ярусам конвективного аппарата при равной площади каналов притока и вытяжки максимальные расходы происходят в верхних и нижних ярусах. Соответствие равномерное распределение воздушного потока в рабочей камере может быть достигнуто при распределении площадей отверстий сверху вниз по ярусам обратно пропорционально эпорам распределения теплоносителя по высоте рабочей камеры. Полученные результаты исследования могут быть применимы при конструировании и производстве конвективных и пароконвективных аппаратов, а также в учебном процессе при подготовке инженеров-механиков и технологов при изучении ими дисциплин «Оборудование предприятий общественного питания» и «Процессы и аппараты пищевых производств».

Ключевые слова: конвектоматы, пароконвектоматы, распределение теплоносителя

Analysis and justification of the main parameters of the coolant for the convection apparatus

Artem M. Davydov	1	Amdavydov@mail.ru
Denis M. Davydov	1	davydov.dm@rea.ru
Vladimir P. Kirpichnikov	1	vpkirpichnikov@mail.ru
Ekaterina A. Davydova	2	katjushka-strish@mail.ru

¹ Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia

² Pushkin department of the Royal branch of Moscow regional BТИ, Lesnaya, 1, Moscow region, Pushkino, 141200, Russia

Summary. The main link in the technological process for the production of culinary products is the heat treatment of food products. Scientific and innovative activities to create energy-efficient processes in the heat culinary processing of products, ensure high quality and organoleptic indicators of finished products, is an actual task. In the research, based on the criterial equations of similarity, the theoretical justification of the influence of the velocity of the heat carrier (heating medium) in the working chamber of the convective apparatus on the intensification of the heat transfer process from the coolant to the heated article, which leads to a decrease in the temperature of the coolant in the process of heat cooking and reduction of its duration, in consequence of which the output of finished products increases and the consumption of electric energy per unit of output decreases. It is clearly shown that the optimum velocity of the coolant in the working chamber of the convective apparatus should not be less than 0.5 m/s at a height of 0.06 m and 0.72 m/s for a height of 0.04 m. In case of heat cooking large-piece semi-finished products, the minimum speed is 1–1.5 m/s. To ensure thermal culinary processing of products along the lines of the convective apparatus with equal area of the inflow and outflow channels, the maximum costs occur in the upper and lower tiers. Accordingly, a thermal culinary processing distribution of the air flow in the working chamber can be achieved by distributing the areas of the holes from top to bottom along the lines inversely proportional to the heat transfer profile of the heating chamber along the height of the working chamber. The obtained results of the research can be used in the design and manufacture of convective and steam convection units, as well as in the training process for the training of mechanical engineers and technologists in the study of disciplines "Equipment of public catering establishments" and "Processes and apparatuses in food industry"

Keywords: convectomat, combi ovens, distribution of the coolant

В последнее время в предприятиях общественного питания широкое распространение получили аппараты с принудительной циркуляцией теплоносителя – горячего воздуха или паро-воздушной смеси. Увлажнение греющего воздуха происходит либо естественно, за счет испарения влаги, выделяющейся из продукта, либо принудительно.

Для цитирования

Давыдов А.М., Давыдов Д.М., Кирпичников В.П., Давыдова Е.А. Анализ и обоснование основных параметров теплоносителя для конвективного аппарата // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 68–72. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-68-72

Соответственно конвективные аппараты делятся на конвектоматы и пароконвектоматы [3, 4]. Все пароконвектоматы имеют автоматизированную систему принудительного увлажнения теплоносителя (греющей среды). При этом, в зависимости от системы увлажнения теплоносителя пароконвектоматы делятся на аппараты бойлерного и инъекционного

For citation

Davydov A.M., Davydov D.M., Kirpichnikov V.P., Davydova E.A. Analysis and justification of the main parameters of the coolant for the convection apparatus. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 68–72. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-68-72

типа. В пароконвектоматах бойлерного типа в отдельной ёмкости (генераторе пара), нагревается вода, а получаемый в процессе кипения пар поступает в рабочую камеру. В пароконвектоматах инжекционного типа используется технология так называемого «прямого впрыска», вода подается через форсунки (инжектора) к центру вращающейся турбины. Высокоскоростная турбина диспергирует вихревым потоком воду на мельчайшие частицы, которые испаряются на ТЭНах и наполняют паром рабочую камеру. По своим рабочим характеристикам инжекторная система практически не отличается от бойлерной.

Увеличение скорости движения теплоносителя (греющей среды) приводит к интенсификации конвективного теплообмена и увеличению соответствующей составляющей коэффициента теплоотдачи α , который представляет собой сумму конвективной (α_k) и лучистой (α_l) составляющих.

При теплообмене, определяемом естественной конвекцией, в большинстве случаев преобладает лучистая составляющая. В результате взаимного экранирования, за счет разности удаленности от нагретых стенок рабочей камеры и нагревательных элементов создается значительная неравномерность нагрева кулинарных изделий. Естественно, это не может не затруднить реализацию технологического процесса, нацеленного на приготовление партии кулинарных изделий примерно одинакового, достаточно высокого качества.

Увеличив (с помощью вентилятора) скорость движения греющей среды, кроме резкого увеличения доли конвективной составляющей коэффициента теплоотдачи, достигается эффект выравнивания температурного поля в рабочей камере, что позволяет разместить в ней большую партию обрабатываемого продукта на нескольких противнях, автоматизировать процесс нагрева и, в итоге, значительно увеличить производительность.

Увеличение скорости движения и влажности теплоносителя позволяет существенно интенсифицировать процесс теплоотдачи от теплоносителя к нагреваемому изделию, что приводит к снижению температуры теплоносителя в процессе тепловой кулинарной обработки и сокращению ее продолжительности, в следствие чего увеличивается выход готовых изделий и снижается расход электрической энергии на единицу производимой продукции [5, 6].

Снижение температуры теплоносителя в процессе тепловой кулинарной обработки за счет увеличения коэффициента теплоотдачи (α)

для различных кулинарных изделий на 10–15%, в сравнении с жарочными и пекарными шкафами с естественной конвекцией, приводит к снижению теплопотерь аппаратом в окружающую среду и позволяет осуществлять более мягкий нагрев, что приводит к повышению качества готовых изделий.

Как следует из многочисленных данных о конвективном теплообмене [2, 7, 8] в жарочных аппаратах с принудительной циркуляцией теплоносителя теплообмен происходит в условиях вынужденного движения греющей среды. Для этого случая характерно критериальное уравнение подобия вида:

$$Nu = c \times Re^a \times Pr^b (Pr_{ж}/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (1)$$

где c , a , b – эмпирические коэффициенты, зависящие от режима течения, определяемые критерием Рейнольдса – $Re = wd_{эКВ}/\nu$; w – скорость потока, м/с; $d_{эКВ}$ – определяющий размер, м; ν – кинематическая вязкость греющей среды, м²/с; $Pr = \mu c_p / \lambda$ – критерий Прандтля, определяющий теплофизические свойства теплоносителя; μ – коэффициент динамической вязкости теплоносителя, Н·с/м²; c_p – изобарная теплоемкость греющей среды, Дж/(кг К); λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м К); $Pr_{ж}$, $Pr_{ст}$ – критерии Прандтля соответственно при температуре жидкости (потока) и стенки (поверхности продукта).

Для ламинарного режима течения, наблюдающегося при числах Рейнольдса менее 2320 ($Re \leq 2320$), критериальное уравнение выглядит следующим образом:

$$Nu = 0,33 \times Re^{0,3} \times Pr^{0,33} (Pr_{ж}/Pr_{ст})^{0,25}, \quad (2)$$

а для турбулентного ($Re > 2320$)

$$Nu = 0,0296 \times Re^{0,8} \times Pr^{0,43} (Pr_{ж}/Pr_{ст})^{0,25} \quad (3)$$

Как видно из данных соотношений наибольшее влияние на величину критерия Нуссельта оказывает число Рейнольдса (Re), величина которого определяет режим течения.

Определим влияние размеров щелевой камеры конвективного аппарата на величину критерия Рейнольдса и соответственно определим требуемую скорость течения греющей среды, обеспечивающую интенсивный нагрев продукта.

Критерий Рейнольдса напрямую зависит от величины определяющего размера – $d_{эКВ}$, который связан с сечением и формой канала.

Очевидно, что максимальная интенсификация нагрева достигается при турбулентном режиме течения, при числе Рейнольдса $Re > 2320$, когда показатель степени при Re в критериальном уравнении возрастает до значения равного 0,8 [8].

Следовательно, минимальная скорость потока теплоносителя должна определяться турбулентный режимом течения. При этом эта скорость взаимосвязана с размерами и сечением потока.

Учитывая тенденции в унификации и использовании модульного принципа в создании современного теплового технологического оборудования, рабочая камера аппарата обычно рассчитывается на многоярусное размещение противней стандартного размера, соответствующего габаритности GN 1/1 (530×325 мм) [3]. Общая высота камеры будет определяться требуемой производительностью и, следовательно, количеством противней для продукта.

Обычно в рабочей камере реализуется параллельная схема движения греющей среды. При реализации такой схемы движения обеспечивается равномерная раздача её по ярусам. В результате все характеристики, описывающие нагрев продукта в одном ярусе, могут быть распространены на аппарат в целом.

Из опыта создания аппаратов конвективного типа [9-14] следует, что расстояние между противнями, то есть высота яруса, обычно составляет от 40 до 60 мм, что предопределяется возможностью размещения и тепловой обработки большинства обрабатываемых продуктов. В отдельных случаях, когда требуется произвести обработку крупнокусковых полуфабрикатов, ярус должен иметь высоту более 60 мм, часть противней (через один) изымается из камеры. В этом случае высоте яруса увеличивается до 80 ÷ 120 мм.

Таким образом, в качестве расчетной модели аппарата может быть рассмотрена щель размером 530×325 и высотой от 40 до 60 мм.

Определяющий размер для данных условий составляет:

$$d_{\text{эКВ}} = 4F/\Pi, (4)$$

где F – площадь поперечного сечения потока, м^2 ; Π – периметр поперечного сечения канала, м ; $\Pi = 2(a + h)$; a и h – размеры вертикального сечения яруса камеры: $a = 0,53$ м, h – изменяется в пределах от 0,04 до 0,06 м.

Таким образом, предельные значения определяющего размера составят:

$$\begin{aligned} d_{\text{эКВ}}^{\text{min}} &= 4F^{\text{min}}/\Pi^{\text{min}} = \\ &= 4(0,53 \times 0,04)/2(0,53 + 0,04) = 0,074 \text{ м.} \\ d_{\text{эКВ}}^{\text{max}} &= 4F^{\text{max}}/\Pi^{\text{max}} = 4(0,53 \times 0,06)/2(0,53 + \\ &+ 0,06) = 0,108 \text{ м.} \end{aligned}$$

Пользуясь полученными предельными значениями определяющего размера и критической величины числа Рейнольдса $Re = 2320$,

определим требуемую минимальную скорость потока, обеспечивающую турбулентный режим течения, пользуясь соотношением:

$$\begin{aligned} w &= Re \nu / d_{\text{эКВ}} \quad (5) \\ w^{\text{max}} &= Re \times \nu / d_{\text{эКВ}}^{\text{min}} = \\ &= 2320 \times 23,13 \cdot 10^{-6} / 0,074 = 0,72 \text{ м/с} \\ w^{\text{min}} &= Re \times \nu / d_{\text{эКВ}}^{\text{max}} = \\ &= 2320 \times 23,13 \cdot 10^{-6} / 0,108 = 0,50 \text{ м/с} \end{aligned}$$

В расчете значение кинематической вязкости принято по сухому воздуху при температуре 100°C , $\nu = 23,13 \times 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Нижний предел скорости, необходимой для нагрева продукта при условии турбулентности потока ($Re > 2300$), как видно из результатов расчета должен быть не менее 0,50 м/с для яруса конвективного шкафа высотой 0,06 м и не менее 0,72 м/с для яруса высотой 0,04 м. В случае тепловой обработки крупнокусковых полуфабрикатов, когда изделие заполняет значительную часть яруса его высота может уменьшиться вдвое, при этом минимальная скорость возрастет до 1–1,5 м/с.

Реально, по данным исследований [2], оптимальная скорость в конвективных аппаратах составляет от 1 до 3 м/с.

Для реализации данного скоростного режима объемный расход греющего воздуха W через ярус должен составить:

$$W = w \times f, \text{ м}^3/\text{с} (6)$$

где f – площадь поперечного сечения щелевой камеры, м^2 : $f = f^{\text{min}} = a \times h^{\text{min}} = 0,53 \times 0,04 = 0,021 \text{ м}^2$; w – скорость потока, м/с, принимаем исходя из принятых выше расчетов и рассуждений $w = 1$ м/с: $W = w \times f = 1 \times 0,021 = 0,021 \text{ м}^3/\text{с}$.

Весовой расход по сухому воздуху (без учета содержания водяных паров) составит:

$$W = w \times f \times \rho (7)$$

где ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$; берем для сухого воздуха при температуре 100°C , $\rho = 0,946 \text{ кг}/\text{м}^3$; $W = w \times f \times \rho = 1 \times 0,021 \times 0,946 = 0,0198 \text{ кг/с}$

Для правильного и обоснованного выбора геометрических параметров элементов тракта греющей среды конвективных аппаратов с целью получения равномерной раздачи теплоносителя в рабочей камере необходимо рассмотреть взаимодействие притока и вытяжки. Анализ работы канала постоянного сечения с отверстиями равной площади по длине канала показал, что максимальное количество воздуха проходит через последние отверстия по ходу движения воздуха. Это наглядно представлено на рисунке 1, на котором представлены эпюры распределения расходов воздуха по высоте рабочей камеры.

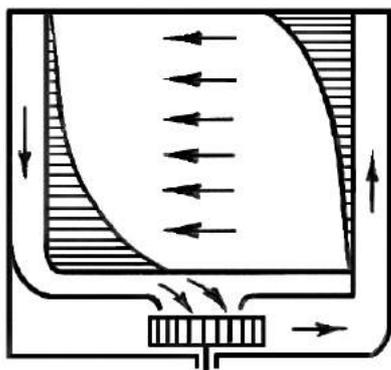


Рисунок 1. Предполагаемые эпюры распределения воздуха по высоте рабочей камеры

Figure 1. Proposed diagrams of air distribution over the height of the working chamber

При совместном действии притока и вытяжки при равной относительной площади каналов максимальные расходы, очевидно, следует ожидать в самом верхнем и самом нижнем ярусах. Таким образом, необходимо добиться равномерной раздачи не только притока, но и вытяжки при их совместной работе. Для достижения этой цели в практике прибегают к различным способам. В [1] описан один из методов осуществления равномерного всасывания в сборный коллектор.

Экспериментально подбирались площади отверстий по высоте канала. Так, для канала, имеющего девять рядов отверстий, соотношение площадей сверху вниз соответствовало:

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Батурин В.В. Основы промышленной вентиляции. М.: «Профиздат», 1965.
- 2 Белобородов В.В., Вороненко В.А., Шпак Ю.П. Математическая модель процесса разогрева теплоносителя в аппарате с принудительной циркуляцией воздуха. Л.: ЛИСТ им. Ф. Энгельса, 1980.
- 3 Ботов М.И., Давыдов Д.М., Кирпичников В.П. Электротепловое оборудование индустрии питания. СПб.: Лань, 2017.
- 4 Кирпичников В.П., Ботов М.И. Оборудование предприятий общественного питания. Ч. 2. Тепловое оборудование. М.: Издательский центр «Академия», 2012.
- 5 Кирпичников В.П., Давыдов А.М. Влияние величины загрузки на технико-экономические показатели пароконвектоматов // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 6 (48).
- 6 Кирпичников В.П., Давыдов А.М. Влияние величины загрузки на технико-экономические показатели жарочных шкафов // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. 2017. № 2 (92).
- 7 Куцакова В.Е., Богатырев А.Н. Интенсификация тепло- и массообмена при сушке пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1987.

100, 77, 53, 33, 28, 19, 17, 14, 13%, т. е. площадь отверстий, ближайших к вентилятору была минимальной.

Соответственно, исходя из приведенного расчета и анализа можно сделать следующие выводы:

— Оптимальная скорость движения теплоносителя в рабочей камере конвективного аппарата должна быть не ниже 0,5 м/с при высоте яруса 0,06 м и 0,72 м/с для яруса высотой 0,04 м. В случае тепловой кулинарной обработки крупнокусковых полуфабрикатов минимальная скорость составляет 1–1,5 м/с.

— Для обеспечения равномерного нагрева изделий по ярусам конвективного аппарата при равной площади каналов притока и вытяжки максимальные расходы происходят в верхних и нижних ярусах. Таким образом, равномерное распределение воздушного потока в рабочей камере может быть достигнуто при распределении площадей отверстий сверху вниз по ярусам обратно пропорционально эпюрам распределения теплоносителя по высоте рабочей камеры.

— Температурный режим тепловой кулинарной обработки различных изделий в конвективных аппаратах необходимо осуществлять в соответствии с рекомендациями, представленными в сборниках рецептов блюд и кулинарных изделий для жарочных и пекарных аппаратов с естественной конвекцией, снижая температуру теплоносителя на 10–15 % от рекомендуемой.

8 Михеев М.А., Михеева И.М. Основы теплопередачи. М.: ООО «ИД «БАСТЕТ»», 2010.

9 Каталог профессионального кухонного оборудования Abat-2018. URL: <http://abat.ru/catalogue2018>.

10 Kreutz T. et al. Co-production of hydrogen, electricity and CO₂ from coal with commercially ready technology. Part B: Economic analysis // International Journal of Hydrogen Energy. 2005. V. 30. № 7. P. 769-784.

11 Lee H. S. Optimal design of thermoelectric devices with dimensional analysis // Applied energy. 2013. V. 106. P. 79-88.

12 Chen L., Zhang X. R. Experimental analysis on a novel solar collector system achieved by supercritical CO₂ natural convection // Energy Conversion and Management. 2014. V. 77. P. 173-182.

13 Mohan G., Maiya M. P., Murthy S. S. Performance simulation of metal hydride hydrogen storage device with embedded filters and heat exchanger tubes // International Journal of Hydrogen Energy. 2007. V. 32. № 18. P. 4978-4987.

14 Andrés-Chicote M. et al. Experimental study on the cooling capacity of a radiant cooled ceiling system // Energy and Buildings. 2012. V. 54. P. 207-214.

REFERENCES

1 Baturin V.V. Osnovy promyshlennoi ventilyatsii [Fundamentals of industrial ventilation] Moscow, Profizdat, 1965. (in Russian)

2 Beloborodov V.V., Voronenko V.A., Shpak Yu.P. Matematicheskaya model' protsessa razogreva teplonosatelya [Mathematical model of the process of heating the coolant in the device with forced air circulation] Leningad, LIST im. F. Engels, 1980. (in Russian)

3 Botov M.I., Davydov D.M., Kirpichnikov V.P. Elektrotreplovoe oborudovanie industrii [Electrothermal equipment of the food industry] Saint-Petersburg, Lan, 2017. (in Russian)

4 Kirpichnikov V.P., Botov M.I. Oborudovanie predpriyatii obshchestvennogo pitniya [Equipment of public catering establishments. Part 2. Heating equipment] Moscow, Akademiya, 2012. (in Russian)

5 Kirpichnikov V.P., Davydov A.M. Influence of the value of the load on the technical and economic parameters of combi steamers. *Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal* [International Scientific-Research Journal] 2016. no. 6 (48). (in Russian)

6 Kirpichnikov V.P., Davydov A.M. Influence of the value of the load on the technical and economic parameters of the frying cupboards. *Vestnik REU im. G.V. Plekhanova* [Proceedings of the Russian Economic University G.V. Plekhanov] 2017. no. 2 (92). (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Артём М. Давыдов к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, Москва, 117997, Россия, Amdavydov@mail.ru

Денис М. Давыдов к.т.н., декан факультета гостинично-ресторанной, туристической и спортивной индустрии, Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, Москва, 117997, Россия, davydov.dm@rea.ru

Владимир П. Кирпичников д.т.н., профессор, главный специалист научной школы «Химия и технология полимерных материалов», Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный переулок, 36, Москва, 117997, Россия, vpkirpichnikov@mail.ru

Екатерина А. Давыдова кадастровый инженер, Пушкинский отдел Королевского филиала Московского областного БТИ, ул. Лесная, 1, МО, Пушкино, 141200, Россия, katjushka-strish@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Артём М. Давыдов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, выполнил расчёты

Денис М. Давыдов предложил методику проведения эксперимента

Владимир П. Кирпичников консультация в ходе исследования

Екатерина А. Давыдова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

7 Kutsakova V.Ye., Bogatyrev A.N. Identifikatsiya teplo- I massoobmena pri sushke [Intensification of heat and mass transfer while drying food products] Moscow, Agropromizdat, 1987. (in Russian)

8 Mikheev M.A., Mikheeva I.M. Osnovy teploperedachi [Fundamentals of heat transfer] Moscow, BASTET, 2010. (in Russian)

9 Katalog professional'nogo kukhonnogo oborudovaniya [Catalog of professional kitchen equipment Abat 2018] Available at: <http://abat.ru/catalogue2018>. (in Russian)

10 Kreutz T. et al. Co-production of hydrogen, electricity and CO2 from coal with commercially ready technology. Part B: Economic analysis. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2005. vol. 30. no. 7. pp. 769-784.

11 Lee H. S. Optimal design of thermoelectric devices with dimensional analysis. *Applied energy*. 2013. vol. 106. pp. 79-88.

12 Chen L., Zhang X. R. Experimental analysis on a novel solar collector system achieved by supercritical CO2 natural convection. *Energy Conversion and Management*. 2014. vol. 77. pp. 173-182.

13 Mohan G., Maiya M. P., Murthy S. S. Performance simulation of metal hydride hydrogen storage device with embedded filters and heat exchanger tubes. *International Journal of Hydrogen Energy*. 2007. vol. 32. no. 18. pp. 4978-4987.

14 Andrés-Chicote M. et al. Experimental study on the cooling capacity of a radiant cooled ceiling system. *Energy and Buildings*. 2012. vol. 54. pp. 207-214.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Artem M. Davydov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department for Restaurant Business of the PRUE, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny Lane, 36, Moscow, 117997, Russia, Amdavydov@mail.ru

Denis M. Davydov Cand. Sci. (Engin.), dean of the faculty of Hotel, Restaurant, Tourism and Sport industry, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, davydov.dm@rea.ru

Vladimir P. Kirpichnikov Dr. Sci. (Engin.), professor, chief specialist of the scientific school "Chemistry and technology of polymeric materials», Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, vpkirpichnikov@mail.ru

Ekaterina A. Davydova cadastral engineer, Pushkin department of the Royal branch of Moscow regional BТИ, Lesnaya, 1, Moscow region, Pushkino, 141200, Russia, katjushka-strish@mail.ru

CONTRIBUTION

Artem M. Davydov review of the literature on an investigated problem, performed computations

Denis M. Davydov proposed a scheme of the experiment

Vladimir P. Kirpichnikov consultation during the study

Ekaterina A. Davydova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.1.2018

ACCEPTED 4.2.2018

Информационные технологии, моделирование и управление

Краткое сообщение/Short message

УДК 519.852

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-73-76>

Оценка мощности полного множества альтернатив паретовских подграфов в графе

Юрий В. Бугаев¹ y_bugaev52@mail.ru
Сергей В. Чикунов¹ chiksv@rambler.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. На практике часто встречаются задачи построения оптимального подграфа определённого вида в заданном графе. В качестве возможных приложений используются задачи поиска оптимальной структуры технологических сетей, проектирования архитектуры вычислительных устройств, моделирования искусственного интеллекта и многие другие. Всё более актуальными становятся многокритериальные варианты указанных задач. Существенным сдерживающим фактором совершенствования методов многокритериальной оптимизации на графах является проблема их экспоненциальной вычислительной сложности, вызванной большой размерностью задачи. Ряд данных свидетельствует, что теоретическая оценка сложности, построенная для методов полного перебора, не соответствует действительности, и сделанные выводы не имеют достаточного обоснования. Среди эффективных решений наибольший интерес представляет так называемое полное множество альтернатив, мощность которого может быть на порядки ниже, чем мощность множества Парето. С учётом перечисленных фактов в данной работе изложен результат исследований, состоящий в построении оценки сверху для мощности полного множества альтернатив задачи нахождения парето-оптимальных подграфов для заданного графа.

Ключевые слова: граф, подграф, множество Парето, полное множество альтернатив

Power estimation of the full set of alternatives to Paret's subgraphs in a graph

Yurii V. Bugaev¹ y_bugaev52@mail.ru
Sergei V. Chikunov¹ chiksv@rambler.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. In practice problems of creation of an optimum subgraph of a certain look in a given graph count often meet. As possible annexes problems of search of optimum structure of technological networks, design of architecture of computers, modeling of artificial intelligence and many others are used. More and more relevant are multicriteria options of the specified tasks. An essential limiting factor of improvement of methods of multicriteria optimization on graphs is the problem of their exponential computing complexity caused by big dimension of a task. A number of data demonstrates that the theoretical assessment of complexity constructed for methods of full search isn't true, and the drawn conclusions have no sufficient justification. Among effective decisions the so-called complete set of alternatives which power can be lower on orders, than the power of the Pareto set is of the greatest interest. Taking into account the listed facts in this work the result of researches consisting in creation of assessment from above for the power of a complete set of alternatives of a problem of stay is stated pareto-optimal subgraphs for a given graph.

Keywords: graph, subgraph, Pareto set, complete set of alternatives

Введение

На практике задачи построения оптимального подграфа определённого вида в заданном графе встречаются достаточно часто [1–8]. В качестве возможных приложений используются задачи поиска оптимальной структуры технологических сетей, проектирования архитектуры вычислительных устройств, моделирования искусственного интеллекта и многие другие. С формализованной точки зрения наиболее популярны задачи поиска кратчайшего пути и остова минимального веса.

В последние десятилетия всё более актуальными становятся многокритериальные варианты указанных задач. Однако существенным сдерживающим фактором совершенствования методов многокритериальной оптимизации на графах является проблема их вычислительной

сложности, вызванной большой размерностью задачи. Полученные оценки [4, 5] свидетельствуют об экспоненциальном возрастании числа эффективных решений.

Однако мощность множество Парето-оптимальных вариантов редко имеет близкую оценку с числом всех допустимых вариантов решений задачи. Ряд данных свидетельствует, что теоретическая оценка сложности, построенная для методов полного перебора, не соответствует действительности, и сделанные выводы не имеют достаточного обоснования.

Поясним сказанное. С любой задачей многокритериальной оптимизации ассоциируется множество эффективных решений X^* . Оно состоит из таких допустимых вариантов решения x , для каждого из которых не существует элемента u , лучшего, чем x по всем критериям

Для цитирования

Бугаев Ю.В., Чикунов С.В. Оценка мощности полного множества альтернатив паретовских подграфов в графе // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 73–76. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-73-76

For citation

Bugaev Ju.V., Chikunov S.V. Power estimation of the full set of alternatives to Paret's subgraphs in a graph. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 73–76. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-73-76

одновременно, то есть такого, что $q_j(y) \leq q_j(x)$ сразу для всех j , причём, хотя бы одно неравенство является строгим. Среди эффективных решений наибольший интерес представляет так называемое *полное множество альтернатив* (ПМА) [9] – подмножество $X^\circ \subseteq X^*$ минимальной мощности, такое, что образы $q(X^*)$ и $q(X^\circ)$ совпадают. Часто мощность множества эффективных решений может быть на порядки выше, чем мощность ПМА.

Кроме того, в практически важных задачах значения оценок по критериям ограничены, а этот факт при теоретическом анализе мощности множества Парето не учитывается.

С учётом перечисленных фактов в данной работе изложен результат исследований по построению приемлемой оценки сверху для мощности ПМА задачи построения парето-оптимальных подграфов для некоторого графа.

Получение оценки

Пусть задан граф $G = (V, E)$, $|V| = n$, $|E| = m$ произвольного вида, на рёбрах которого заданы значения s критериев $q_i = q_i(e)$, $i = 1, \dots, s$; $e \in E$. Значения q_j будем полагать целыми неотрицательными числами из конечного диапазона $[0; d]$. Требуется построить множество Парето-оптимальных подграфов, принадлежащих некоторому определённом виду. В качестве критериев эффективности подграфа предполагается минимум суммы значений критериев рёбер, входящих в подграф, так называемый критерий вида *minsum* [10].

Предположим также, что количество рёбер каждого допустимого подграфа не превосходит некоторого k , $k \leq m$.

Теорема 1. При сделанных предположениях мощность ПМА задачи поиска Парето-оптимальных подграфов не превосходит

$$N = (d \cdot k + 1)^s - (d \cdot k)^s. \quad (1)$$

Доказательство. Покажем, что мощность ПМА паретовских подграфов не больше, чем число целочисленных точек на s ближайших к началу координат гранях гиперкуба $[0, k \cdot d]^s$.

Обозначим это множество точек Γ . Оно имеет следующий вид:

$$\Gamma = \left\{ \begin{array}{l} \lambda \in E^s \mid 0 \leq \lambda_i \leq k \cdot d, \lambda_i - \text{целые,} \\ i = 1, \dots, s; \min \lambda_j = 0 \end{array} \right\}.$$

Пусть P – множество достижимых критерийных оценок эффективных подграфов. Построим отображение $\phi: P \rightarrow \Gamma$ следующего вида:

$$\forall p \in P \phi(p)_i = p_i - \min_j p_j.$$

Очевидно, что все $\phi(p)$, как и p будут иметь целочисленные координаты, причём $\min_j \phi(p)_j = 0$. Следовательно, $\phi(p) \in \Gamma$.

Покажем, что ϕ инъективно, т. е. двум произвольным различающимся точкам p и r соответствуют разные образы. Предположим противное, т. е. элементам $p, r \in P$ соответствует один образ $\lambda = \phi(p) = \phi(r)$. Из этого сразу следует, что $p_i - \min p_i = r_i - \min r_i$. То есть $p_i - r_i = \min p_i - \min r_i = a = \text{const}$ для всех i .

Тогда при $a \leq 0$ получим $p_i \leq r_i \forall i$. Поскольку p не совпадает с q , то это должно означать, что точка p доминирует по Парето над r . При $a \geq 0$ получим обратное отношение. Так или иначе, получаем противоречие с предположением, что обе точки оптимальны по Парето.

В итоге получаем, что, отображение ϕ между P и Γ инъективно, из чего следует $|P| \leq |\Gamma|$.

Оценим значение $|\Gamma|$. Количество точек вдоль каждой из координат равно $(k \cdot d + 1)$. Тогда количество точек, заполняющих весь s -мерный куб равно $(d \cdot k + 1)^s$. Для оценки мощности Γ от этого числа надо отнять количество узлов, заполняющих вложенный куб, из $d \cdot k$ точек по каждой координате, т. е. $(d \cdot k)^s$. Окончательно $|\Gamma| = N = (d \cdot k + 1)^s - (d \cdot k)^s$. Теорема доказана.

Предположим, что количество критериев s ограничено некоторой константой. Тогда из (1) вытекает, что мощность ПМА паретовских подграфов ограничено некоторым полиномом.

Оценку (1) можно уточнить, если есть возможность определить диапазоны значений по каждому частному критерию $[q_i^{\min}, q_i^{\max}]$. Парето-оптимальных подграфов данного вида. Используя результаты теоремы 1, несложно показать, что в этом случае мы имеем следующую верхнюю оценку мощности ПМА Парето-оптимальных подграфов

$$N = \prod_{i=1}^s (q_i^{\max} - q_i^{\min} + 1) - \prod_{i=1}^s (q_i^{\max} - q_i^{\min}). \quad (2)$$

Пример

Рассмотрим следующий ориентированный граф, на дугах которого заданы два критерия (их численные значения указаны в скобках).

В качестве подграфов будем рассматривать стягивающие остовы графа. Найдём в этом графе все Парето-оптимальные остовы. Для их компактного представления перенумеруем дуги графа согласно таблице 1.

Согласно известной оценке [10], основанной на матрице инцидентий исходного графа, легко определить, что граф, представленный на рисунке 1 имеет 101 остовое дерево. Отсюда полным перебором несложно найти его Парето-оптимальные остовы, список которых приведен в таблице 2. В данном случае ПМА паретовских остовов совпадает со списком всех тринадцати Парето-оптимальных остовов.

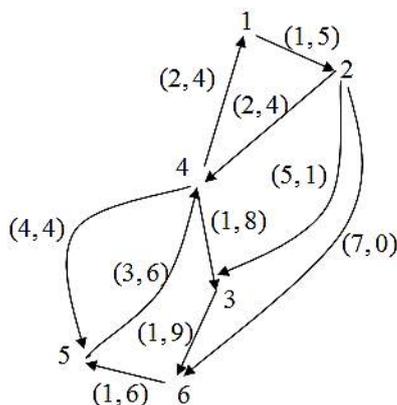


Рисунок 1. Пример графа с заданными двумя критериями на его дугах

Figure 1. An example of a graph with two given criteria on its arcs

Таблица 1. Список дуг графа

The list of arcs of the graph

No	Начальная вершина Initial vertex	Конечная вершина Final vertex	Значение Value q_1	Значение Value q_2
1	1	2	1	5
2	2	3	5	1
3	2	4	2	4
4	2	6	7	0
5	3	6	1	9
6	4	1	2	4
7	4	3	1	8
8	4	5	4	4
9	5	4	3	6
10	6	5	1	6

ЛИТЕРАТУРА

1 Мелькумов В.Н., Кузнецов И.С., Кобелев В.Н. Задача поиска оптимальной структуры тепловых сетей // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2011. № 2. С. 37–42.
 2 Ильясова Н.Ю., Корепанов А.О., Чукулаев П.М. Метод выделения центральных линий кровеносных сосудов на диагностических изображениях // Компьютерная оптика. 2006. № 29. С. 146–150.
 3 Попов А.Ю. О реализации алгоритма Форда-Фалкерсона в вычислительной системе с многими потоками команд и одним потоком данных // Наука и образование. 2014. № 9. С. 162–180.
 4 Williams J., Massie Ch., George A.D., Richardson J. et al. Characterization of Fixed and Reconfigurable Multi-Core Devices for Application Acceleration // ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems. 2010. V. 3, №. 4. Art. №. 19.
 5 Nguyen Q.H., Ong Y.S., Krasnogor N.A. Study on the Design Issues of Memetic Algorithm // IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2007). 2007. P. 2390–2397.

Таблица 2. Список Парето-оптимальных островов

Table 2. List of Pareto-optimal Islands

No	Номера дуг, составляющих остов Numbers of arcs that make up the skeleton						Значение 1-го критерия Value of the 1st criterion	Значение 2-го критерия Value of the 2nd criterion
1	1	2	3	4	8	19	14	
2	1	2	3	4	10	16	16	
3	1	2	3	5	10	10	25	
4	1	2	3	8	10	13	20	
5	1	2	3	9	10	12	22	
6	1	3	5	7	10	6	32	
7	1	3	7	8	10	9	27	
8	1	3	7	9	10	8	29	
9	2	3	4	6	8	20	13	
10	2	3	4	5	10	17	15	
11	2	3	5	6	10	11	24	
12	2	3	6	8	10	14	19	
13	3	5	6	7	10	7	31	

Сравним реальное количество островов с оценкой (2). Имеем следующие диапазоны, которые несложно найти, например, посредством алгоритма Краскала [10]:

$$[q_1^{\min}, q_1^{\max}] = [6, 20],$$

$$[q_2^{\min}, q_2^{\max}] = [14, 32].$$

Отсюда по формуле (2) получаем $N = 33 > 13$. Следовательно, оценка (2) справедлива.

6 Ong Y.S., Lim M.H., Zhu N., Wong K.W. Classification of adaptive memetic algorithms: A comparative study // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B: Cybernetics. 2006. V. 36. № 1. P. 141–152.
 7 Jie J., Zeng J. Improved Mind Evolutionary Computation for Optimizations // Proceedings of 5th World Congress on Intelligent Control and Automation. 2004. V. 3. P. 2200–2204.
 8 Liang J.J., Qu B.Y., Suganthan P.N. Problem Definitions and Evaluation Criteria for the CEC 2014 Special Session and Competition on Single Objective Real-Parameter Numerical Optimization. Technical Report 201311. Computational Intelligence Laboratory, Zhengzhou University, Zhengzhou, China; Technical Report. Singapore: Nanyang Technological University, 2013. 32 p.
 9 Бугаев Ю.В., Музалевский Ф.А. Полиномиальная оценка мощности множества паретовских путей в графе // Вестник Нижегородского университета. 2013. № 2–1. С. 168–170.
 10 Костюкова Н.И. Графы и их применение. Комбинаторные алгоритмы для программистов: Учеб. пособие. М. БИНОМ: Лаборатория знаний, 2010. 311 с.

REFERENCES

1 Melkumov V.N., Kuznetsov I.S., Kobelev V.N. The problem of finding the optimal structure of heat networks. *Nauchnyi vestnik VGASU* [Scientific Bulletin of the Voronezh state University of architecture and construction. Construction and architecture] 2011. no. 2. pp. 37-42. (in Russian)

2 Ильясова Н. Ю., Корепанов А. О., Чикולהв Р. М. Method of selection of Central lines of blood vessels on diagnostic images. *Komp'yuternaya optika* [Computer optics] 2006. no. 29. pp. 146-150. (in Russian)

3 Попов А. Ю. On the implementation of the algorithm of Ford-Fulkerson in a computing system, with many streams of commands and a single data stream. *Nauka I obrazovanie* [Science and education] 2014. no. 9. pp. 162-180. (in Russian)

4 Williams J., Massie Ch., George A.D., Richardson J. et al. Characterization of Fixed and Reconfigurable Multi-Core Devices for Application Acceleration. *ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems*. 2010. vol. 3, no. 4. art.no. 19.

5 Nguyen Q.H., Ong Y.S., Krasnogor N.A. Study on the Design Issues of Memetic Algorithm. *IEEE Congress on Evolutionary Computation (CEC 2007)*. 2007. pp. 2390–2397.

6 Ong Y.S., Lim M.H., Zhu N., Wong K.W. Classification of adaptive memetic algorithms: A comparative study. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics. Part B: Cybernetics*. 2006. vol. 36. no. 1. pp. 141–152.

7 Jie J., Zeng J. Improved Mind Evolutionary Computation for Optimizations. *Proceedings of 5 th World Congress on Intelligent Control and Automation*. 2004. vol. 3. pp. 2200–2204.

8 Liang J.J., Qu B.Y., Suganthan P.N. Problem Definitions and Evaluation Criteria for the CEC 2014 Special Session and Competition on Single Objective Real-Parameter Numerical Optimization. *Technical Report 201311*. Computational Intelligence Laboratory, Zhengzhou University, Zhengzhou, China; *Technical Report*. Singapore: Nanyang Technological University, 2013. 32 p.

9 Bugaev Yu.V., Muzalevsky F.A. Polynomial estimation of power of the set of Pareto paths in the graph. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta* [Proceedings of Nizhny Novgorod University] 2013. no. 2-1. pp. 168-170. (in Russian)

10 Kostyukova N.I. Graphs and their application. *Kombinatornye algoritmy dlya programistov* [Combinatorial algorithms for programmers: Studies. benefit] Moscow, BINOM, 2010. 311 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юрий В. Бугаев д.ф.-м.н., профессор, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, y_bugaev52@mail.ru
Сергей В. Чикунов к.т.н., доцент, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, chiksv@rambler.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yurii V. Bugaev Dr. Sci. (Phys.-Math.), professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, y_bugaev52@mail.ru
Sergei V. Chikunov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, higher mathematics and information technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, chiksv@rambler.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 03.05.2018

CONTRIBUTION

All authors equally participated in writing the manuscript and responsible for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.2.2018

ACCEPTED 5.3.2018

Системный анализ реактора дегидрирования этилбензола как объекта управления

Алексей П. Попов	¹	aleksej_p_91@mail.ru
Виталий К. Битюков	¹	prezident@vsuet.ru
Сергей Г. Тихомиров	¹	tikhomirov_57@mail.ru
Олег Г. Неизвестный	²	o.neizvestnyi@mail.ru
Евгений Д. Чертов	¹	ched@vsuet.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Каталитическое дегидрирование этилбензолной шихты в двухступенчатом адиабатическом реакторе непрерывного действия является основной стадией процесса производства стирола. Анализ существующих автоматизированных систем управления данным технологическим процессом выявил следующий основной недостаток, заключающийся в том, что данные системы требуют больших усилий от производственного персонала для обеспечения изменения температурного режима в ступенях реакторного блока в соответствии с падением концентрации стирола, обусловленным дезактивацией каталитического слоя. Следовательно, в области технической кибернетики актуальным является синтез системы предиктивного управления концентрацией целевого продукта на выходе из ступеней реакционного аппарата. В представленной статье отображены результаты системного анализа реактора дегидрирования как объекта управления. Главным итогом проведенных исследований является выбор способа управления температурным режимом протекания химических превращений в реакторных ступенях, при использовании которого представляется возможным обеспечить повышение энергоэффективности и производительности данного аппарата. На основе системного подхода сформулированы общая и частная задачи синтеза управляющей системы, произведен информационный и функциональный синтез АСУ температурным режимом, разработаны информационная и функциональная схемы подсистем управления технологическим оборудованием реакторного блока. В качестве управляющей системы выбрана АСУ, реализующая изменение температуры парэтилбензолной смеси на входах в реакционные зоны 1-й и 2-й секций реактора в соответствии с алгоритмом программного управления на базе прогнозирующих моделей, описывающих теплообменные процессы внутри реакторных ступеней, а также динамику изменения таких параметров, как концентрация коксовых отложений, активность катализатора, концентрации основных и побочных продуктов химических реакций.

Ключевые слова: дегидрирование этилбензола, структурная схема, система управления, структурный синтез, температурный режим реакторного блока, коммуникационная схема АСУ

System analysis of the ethylbenzene dehydrogenation reactor as a control object

Aleksei P. Popov	¹	aleksej_p_91@mail.ru
Vitalii K. Bitjukov	¹	prezident@vsuet.ru
Sergei G. Tikhomirov	¹	tikhomirov_57@mail.ru
Oleg G. Neizvestnyi	²	o.neizvestnyi@mail.ru
Evgeny D. Chertov	¹	ched@vsuet.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19, Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh state technical university, Moskovskii Av., 14, Voronezh, 394036, Russia

Summary. Catalytic dehydrogenation of ethylbenzene charge in a two-stage continuous-action adiabatic reactor is the main stage of the styrene production process. The analysis of this technological process existing automated control systems revealed the following main drawback, that these systems require great efforts from production personnel to ensure a change of the reactor temperature regime in the stages of the reactor in accordance with styrene concentration drop, which is caused by deactivation catalytic layer deactivation. Therefore, the synthesis of the target product concentration at the reactor outlet predictive control system is actual task in the field of technical cybernetics. This article presents the system analysis results of the dehydrogenation reactor as a control object. The main research result is a method choice for controlling of the chemical transformations temperature regime in the reactor, using that, it is possible to increase the energy efficiency and productivity of this device. The general and specific tasks of the control system synthesis are formulated on the basis of the system analysis, the information and functional synthesis of the temperature regime ACS is produced, the information and functional schemes of the reactor unit process equipment control subsystems are developed. As an operating system ACS is selected, which realizes of steam-ethylbenzene mixture temperature change at the reaction zones entrances of the 1st and 2nd reactor sections in accordance with the program control algorithm on the basis of predicting models, describing the heat exchange processes occurring inside the reactor stages as well as the dynamics of changes in such parameters as the concentration of coke deposits, catalyst activity, the basic and by-products concentration of chemical reactions.

Keywords: ethylbenzene dehydrogenation, block diagram, control system, structural synthesis, temperature regime of the reactor block, automated control system communication scheme

Для цитирования

Попов А.П., Битюков В.К., Тихомиров С.Г., Неизвестный О.Г., Чертов Е.Д. Системный анализ реактора дегидрирования этилбензола как объекта управления // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 77–85. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-77-85

For citation

Popov A.P., Bitjukov V.K., Tikhomirov S.G., Neizvestnyi O.G., Chertov E.D. System analysis of the ethylbenzene dehydrogenation reactor as a control object. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 77–85. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-77-85

Введение и постановка задачи

Основным продуктом, образующимся в результате химической реакции отделения водорода от этилбензольной шихты является стирол – основное сырье (мономер) для производства полимеров, сополимеров и пластиков. Производство данного вида мономера является крупнотоннажным и на большинстве нефтехимических предприятий осуществляется посредством каталитического дегидрирования этилбензола в двухступенчатых адиабатических реакторах непрерывного действия.

С точки зрения технической кибернетики реактор дегидрирования представляет собой «серый ящик», ввиду неполной изученности физико-химических процессов, протекающих при прохождении парозтилбензольной смеси через каталитическую зону.

Основным малоисследованным фактором, оказывающим негативное влияние на:

- активность и селективность каталитической системы;
- динамику протекания химических реакций;
- управляемость технологического процесса;
- скорость образования стирола;

является накопление углистых отложений (кокса) на активных центрах каталитической поверхности в процессе эксплуатации реакторного блока. Это обуславливает сложности в управлении реакторными отделениями, температурный режим работы которых лежит в диапазоне 560–630 °С [1]. Исходя из текущих значений концентрации стирола на выходе, эксплуатационный персонал изменяет технологические параметры функционирования реакторного блока, в основном, температуру контактного газа на входах в реакционные зоны. В конечном итоге это приводит к несвоевременности выработки и неточности величин управляющих воздействий, позволяющих стабилизировать и поддерживать управляемые параметры в заданных интервалах на протяжении определенного периода времени эксплуатации.

Таким образом, в процессе эксплуатации не представляется возможным оперативно предотвратить потери стирола на выходе, а также не допускать перерасход греющего водяного пара и топливного газа.

Потребность промышленности Российской Федерации в стироле за последние годы имеет тенденцию к росту. Поэтому для обеспечения соответствия количества произведенного стирола внутреннему спросу необходимо повысить

производительность и межостановочный период работы реакционных аппаратов при одновременном снижении тепло- и ресурсозатрат на проведение процесса.

Решение данной задачи невозможно без синтеза новых и/или усовершенствования ранее внедренных автоматизированных систем управления реакторным блоком дегидрирования, в состав которого входят:

- 1-я и 2-я ступени пароперегревательной печи;
- 1-я и 2-я ступени реакционного аппарата.

При этом проектирование управляющих систем необходимо выполнять с учетом результатов вычислительных экспериментов по исследованию динамики образования стирола с учетом снижения каталитической активности [2, 5] для построения горизонтов изменения управляющих (расход греющего пара и / или расход топливного газа) и управляемых (температура протекания процесса, активность катализатора и концентрация стирола) величин.

Таким образом, создание предиктивной АСУ, упреждающей последствия коксообразования на каталитической системе является актуальной задачей технической кибернетики [8].

Системный анализ реактора дегидрирования как объекта управления

Технологический процесс дегидрирования этилбензола включает в себя следующие стадии: нагрев и испарение этилбензольной шихты в последовательно расположенных теплообменных аппаратах; подогрев водяного пара, поступающего с ТЭЦ в ступенях пароперегревательной печи (П-201); смешение подогретых до определенной температуры водяного пара и шихты на входе в первую ступень реактора; протекание процесса каталитического отделения водорода в ступенях реакторного блока с промежуточным подогревом парозтилбензольной смеси в межступенчатом подогревателе (Р-202–1 и Р-202–2).

Для эффективного управления стадией, на которой происходит протекание химических превращений необходимо прибегнуть к стратегии системного анализа реакционного аппарата – объекта управления, реализация которой выполнена на основе разработанного математического обеспечения [2-4, 6, 7], совокупно описывающего химическую кинетику, динамику коксообразования и снижение каталитической активности в зависимости от изменения температурного режима работы реактора и позволяющего достоверно выявить системную связь между входными величинами и:

- выходными параметрами элементов реакторного блока;
- параметрами катализатора и контактной смеси по мере её перемещения по длине реакционных зон.

В результате выполненного анализа реактора составлена структурная схема объекта (рисунок 1), на которой отображены основные управляемые величины и управляющие параметры, а также возможные возмущения, влияющие на скорость процесса и процентное содержание целевого продукта.

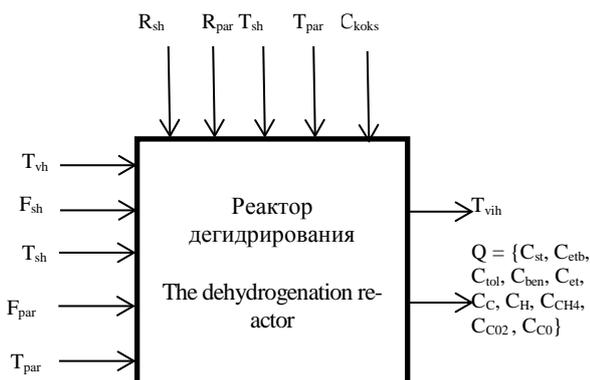


Рисунок 1. Структурная схема объекта управления
Figure 1. Block diagram of the control object

Входные величины:

- температура шихты на входе в 1-ю и 2-ю ступени реактора (T_{vih}), °C;
- расход этилбензольной шихты (F_{sh}), т/ч;
- температура этилбензольной шихты (T_{sh}), °C;
- расход греющего водяного пара, поступающего в межступенчатый перегреватель 2-й ступени реактора и, соответственно, в 1-ю ступень реакторного блока (F_{par}), м³/ч;
- температура перегретого водяного пара (T_{par}), °C.

Выходные параметры:

- процентное содержание продуктов реакции: стирола, этилбензола, толуола, бензола, этилена, углерода, водорода ($Q = \{C_{st}, C_{etcb}, C_{tol}, C_{ben}, C_{et}, C_c, C_n, C_{cn4}, C_{co2}, C_{co}\}$), масс.%;
- температура контактного газа на выходе из реактора (T_{vih}), °C.

Возмущающие воздействия:

- расход этилбензольной шихты (R_{sh}), т/ч;
- расход греющего пара (R_{par}), м³/ч;
- температура греющего водяного пара, поступающего с ТЭЦ (T_{par}), °C;
- температура этилбензольной шихты (T_{sh}), °C;
- коксообразование на поверхности катализатора (C_{koks}), масс.%.

По мере увеличения температуры смеси шихты и греющего пара перед началом химических превращений происходит рост количества молекул, минимальная энергия которых выше значения, являющегося энергетическим барьером для протекания реакций. Также по мере повышения температурного режима протекания процесса возрастает интенсивность отложения углистых образований на катализаторе. Следовательно, ключевым управляющим параметром, оказывающим прямое влияние на скорость основных и побочных реакций, а также на интенсивность коксообразования является температура пароэтилбензольной смеси, поступающей в каталитический отдел ступеней реактора. То есть, скоростью процесса дегидрирования, а соответственно и величиной выхода конечного продукта, можно эффективно управлять путем изменения температурного режима работы реактора.

Варьирование температурой шихты в начале реакционной зоны можно обеспечить следующими способами:

- изменением величин расходов топливного газа, подаваемого на горелки первой и второй ступени пароперегревательной печи, что способствует повышению температуры водяного пара на входе в реактор;
- изменением величины расхода водяного пара, поступающего с ТЭЦ для подогрева этилбензола на входах реакторных ступеней.

При уменьшении количества пара по сравнению с регламентным значением повышаются парциальные давления компонентов сырья, что уменьшает выход стирола и приводит к увеличению закоксованности каталитической системы. Увеличение расхода данного теплоносителя приводит к возрастанию давления в реакторе и существенно увеличивает энергозатраты. Таким образом, в качестве управляющего параметра целесообразно использовать расход топливного газа, подаваемого на горелки пароперегревательной печи.

Разработка функциональной схемы АСУ реакторным блоком

Исходя из вышеизложенного, предложена система управления (СУ) температурой этилбензольной шихты на входе в каждую из ступеней реактора, функциональная схема которой представлена на рисунке 2. Система реализует управление данным параметром путем изменения расхода топливного газа на горелки пароперегревательной печи, что влечет за собой повышение температуры греющего водяного пара на выходе из пароперегревателя и её увеличение на входе в первое и второе отделение реактора. При этом величины необходимых расходов и их изменения рассчитываются программно (по рассчитанной оптимальной

температурной кривой процесса) для каждого момента времени рабочего цикла реактора. Предложенная система имеет возможность

расчета оптимального температурного режима в условиях действия возмущений. АСУ реализуется на базе промышленного контроллера.

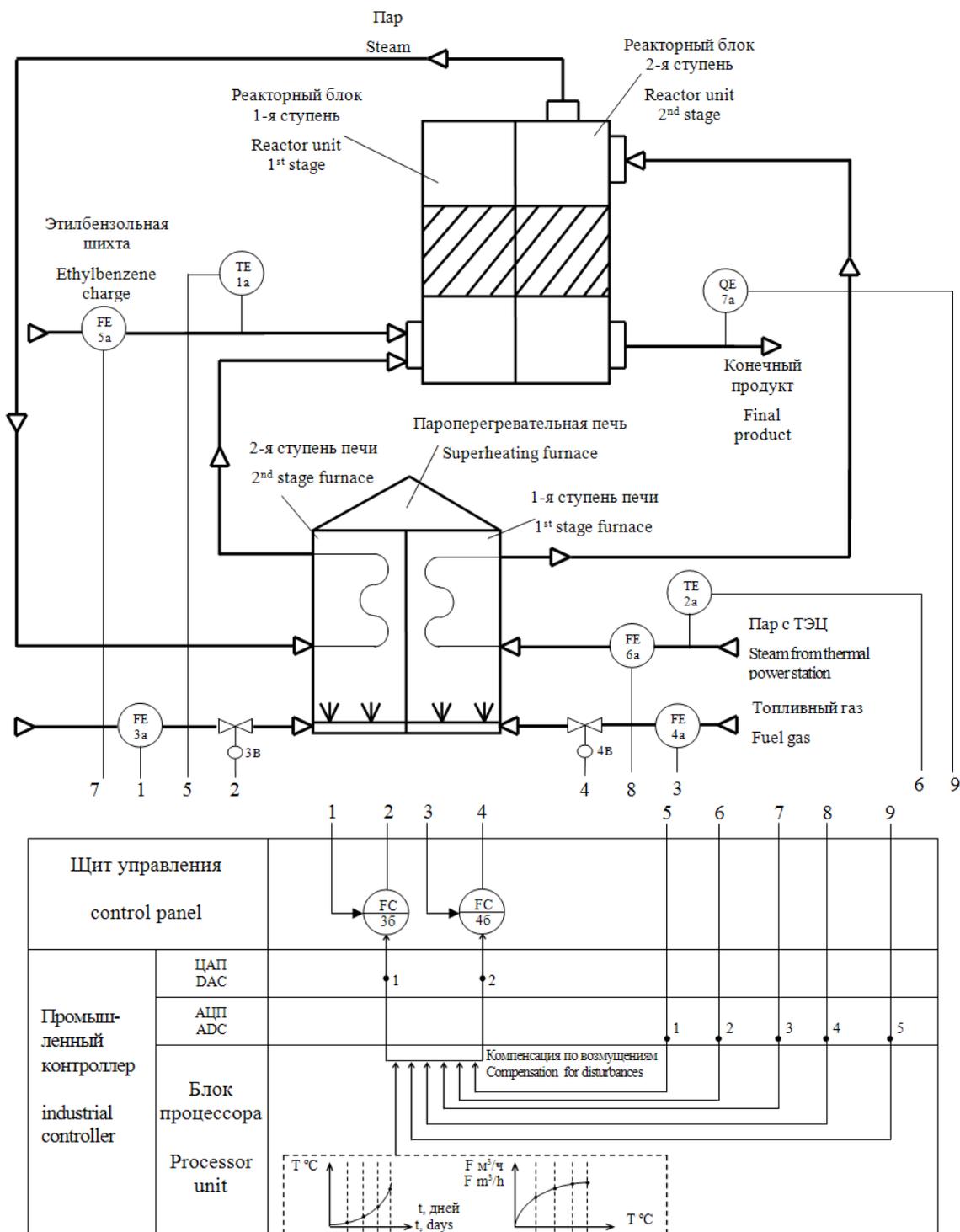


Рисунок 2. Функциональная схема системы управления температурным режимом работы реакторного блока дегидрирования: ТЕ (поз. 1а-2а) – датчики температуры, FE (поз. 3а-6а) – датчики расхода; FC (поз. 3б-4б) – регуляторы расхода, QE (поз. 7а) – датчик состава шихты

Figure 2. Functional diagram of the control system with the temperature regime of the operation of the dehydrogenation unit: TE (items 1a-2a) – temperature sensors, FE (pos.3a-6a) – flow sensors; FC (item 3b-4b) – flow controllers, QE (item 7a) – the sensor of the composition

Структурный синтез системы управления температурным режимом работы реактора

Для модернизации существующей АСУ реакторным блоком в соответствии с поставленной научной задачей, на основе системного подхода,

выполнены представленные ниже этапы проектирования системы управления температурным режимом протекания реакции дегидрирования. Первым этапом стало выделение исследуемого объекта управления из внешней среды и постановка задачи управления (таблица 1).

Таблица 1.

Выделение исследуемого объекта управления из внешней среды и постановка задачи управления

Table 1.

Isolation of the investigated control object from the external environment and setting of the control task

Задача управления Management task	Элементы системы управления Elements of the control system	Внешние системы External system	Исходные данные Source data
Управление температурным режимом работы ступеней реакторного блока производства стирола Controlling the temperature regime of the stages of the reactor unit of styrene production	1. Подсистема управления температурой пара на выходе из 1-й ступени пароперегревательной печи П-202-1 1. The steam temperature control subsystem at the 1st stage steam superheater P 202-1 outlet 2. Подсистема управления температурой пара на выходе из 2-й ступени пароперегревательной печи П-202-1 2. The steam temperature control subsystem at the 2nd stage steam superheater P 202-2 outlet 3. Подсистема мониторинга состояния технологического оборудования 3. The technological equipment monitoring subsystem 4. Центральная вычислительная система 4. Central computing system	1. Система подогрева этилбензольной шихты в каскаде цепочке теплообменных аппаратов 1. Heating system of ethylbenzene charge in cascade of heat exchangers 2. Система подогрева водяного пара в ТЭЦ 2. Steam heating system in thermal power station 3. Внешняя среда: возмущающие воздействия 3. External environment: disturbance	1. Значения технологических параметров процесса 1. The values of the technological parameters of the process 2. Траектория изменения температуры в реакционной зоне реакторных ступеней в течение времени эксплуатации аппарата 2. The trajectory of temperature change in the reaction zone of the reactor stages during the operation 3. Технические характеристики и основные параметры реакторного блока и пароперегревательной печи 3. Technical characteristics and main parameters of the reactor block and superheating furnace

В процессе проектирования формируются общая и частная задачи синтеза управляющей системы:

- **общая задача:** синтез структур управляемой и управляющих систем – определение состава элементов и связей между ними.
- **частная задача:** выработка управляющих сигналов, обеспечивающих своевременное (через определенные временные промежутки протекания реакции Δt) повышение температуры на величину ΔT , компенсирующее снижение активности катализатора в процессе работы реактора.

2. Структурирование системы управления.

В качестве технологического объекта управления (ТОУ) выступают ступени адиабатического реактора, необходимый тепловой режим работы которых обеспечивается подачей перегретого водяного пара из ступеней пароперегревательной печи. Для выполнения поставленной задачи управления необходимо обеспечить подогрев водяного пара, подаваемого в смесительную камеру реактора до значения, необходимого в текущий момент производственного цикла. Упрощенная структурная схема данного технологического участка представлена на рисунке 3.

Исходя из стоящих перед создаваемой системой задач и принимая во внимание жесткость связей между управляемыми объектами

(ступени пароперегревательной печи и реакторного блока), когда незначительная ошибка управления любого из рассматриваемых технологических аппаратов, возникающая в произвольный момент времени эксплуатации производственной линии может привести к неработоспособности всей системы, можно сделать вывод, что синтезируемая АСУ характеризуются значительной сложностью, которая обуславливается большим числом элементов и выполняемых ими функций, высокой степенью взаимодействия элементов, сложностью алгоритмов расчета управляющих воздействий, а также большими объемами перерабатываемой информации.

Согласно постулату выбора принципа целенаправленности системного подхода, динамику такого рода систем невозможно однозначно предсказать и экстраполировать даже при априорном знании свойств этой системы. В связи с этим общая задача управления подразделяется на ряд взаимосвязанных под задач:

- регулирование величины расхода топливного газа в ступени пароперегревательной печи П-202-1 в соответствии с прогнозом движения (динамики) управляемого объекта, определенным прогнозирующей математической моделью на некотором конечном отрезке времени эксплуатации данного аппарата (горизонте прогноза);

– регулирование величины расхода топливного газа в ступень пароперегревательной печи П-202–2 в соответствии с прогнозом движения (динамики) управляемого объекта, определенным прогнозирующей математической моделью на некотором конечном отрезке времени эксплуатации данного аппарата (горизонте прогноза);

– коррекция величин расхода топливного газа на основе полученной с помощью измерительных приборов информации о состоянии технологических параметров управляемых объектов (температуры и расхода водяного пара, температуры и расхода парозтилбензолной смеси, концентрации целевого продукта) путем

изменения величин задающих воздействий, подаваемых на входы регулирующих устройств подсистем управления данными аппаратами.

В итоге, выполнена декомпозиция общего процесса управления, исходя из результатов которой можно сделать вывод, что проектируемая система должна реализовывать программное движение ТОУ из одного состояния в заранее определенное следующее состояние с коррекцией по возможным изменениям технологических параметров и при возникновении возмущающих воздействий. Управляемыми объектами являются: П-202–1, П-202–2, Р-202–1, Р-202–2.

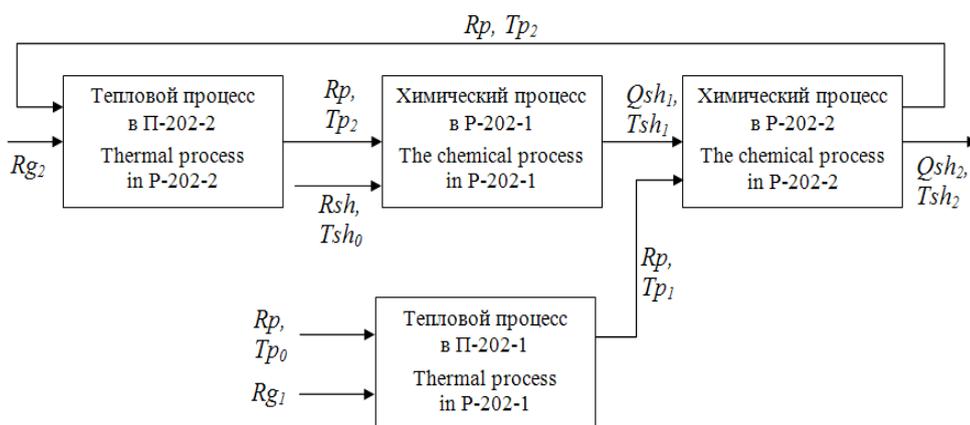


Рисунок 3. Упрощенная структурная схема отделения дегидрирования этилбензола процесса производства стирола

Figure 3. Simplified block diagram of the ethylbenzene dehydrogenation department of the styrene production process

R_p – расход водяного пара, R_{sh} – расход этилбензолной шихты, R_{g1} , R_{g2} – расход топливного газа в первую и вторую ступени пароперегревательной печи соответственно;

T_{p0} , T_{p1} , T_{p2} – температура водяного пара на входе в первую ступень пароперегревательной печи, на выходе из первой ступени пароперегревательной печи и на входе во вторую ступень пароперегревательной печи соответственно;

T_{sh0} , T_{sh1} , T_{sh2} – температура этилбензолной шихты на входе в первую ступень реактора, на выходе из первой ступени реактора и на входе во вторую ступень реактора соответственно;

Q_{sh1} , Q_{sh2} – состав парозтилбензолной смеси на выходе из первой и второй ступени реактора соответственно.

Из результатов анализа следует, что для управления производственным отделением дегидрирования этилбензола необходима многоуровневая система программного управления по принципу обратной связи на основе одного из современных методов теории автоматического управления – метода прогнозирующих моделей. Функциональная архитектура АСУ реактором дегидрирования, обеспечивающая техническую реализацию системы включает следующие уровни:

0-й уровень АСУ – локальные средства автоматизации: датчики, регуляторы, исполнительные механизмы.

1-й уровень АСУ – программируемый микропроцессорный контроллер

2-й уровень АСУ – рабочая станция (автоматизированное рабочее место – ЭВМ с человеко-машинным интерфейсом).

3. Информационный синтез системы управления.

Анализ входных, выходных и внутренних информационных потоков позволил получить информационное описание АСУ отделения дегидрирования (рисунок 4), где:

МО – математическое обеспечение АСУ;

Model 1 – математическая модель химической кинетики дегидрирования и теплообменных процессов, преобразованная в программный код микропроцессорного контроллера;

Model2 – математическая модель перегрева водяного пара в пароперегревательной печи, преобразованная в программный код микропроцессорного контроллера;

ПО – программное обеспечение АСУ;

MPC Controller – микропроцессорный контроллер;

ЦВС – центральная вычислительная система.

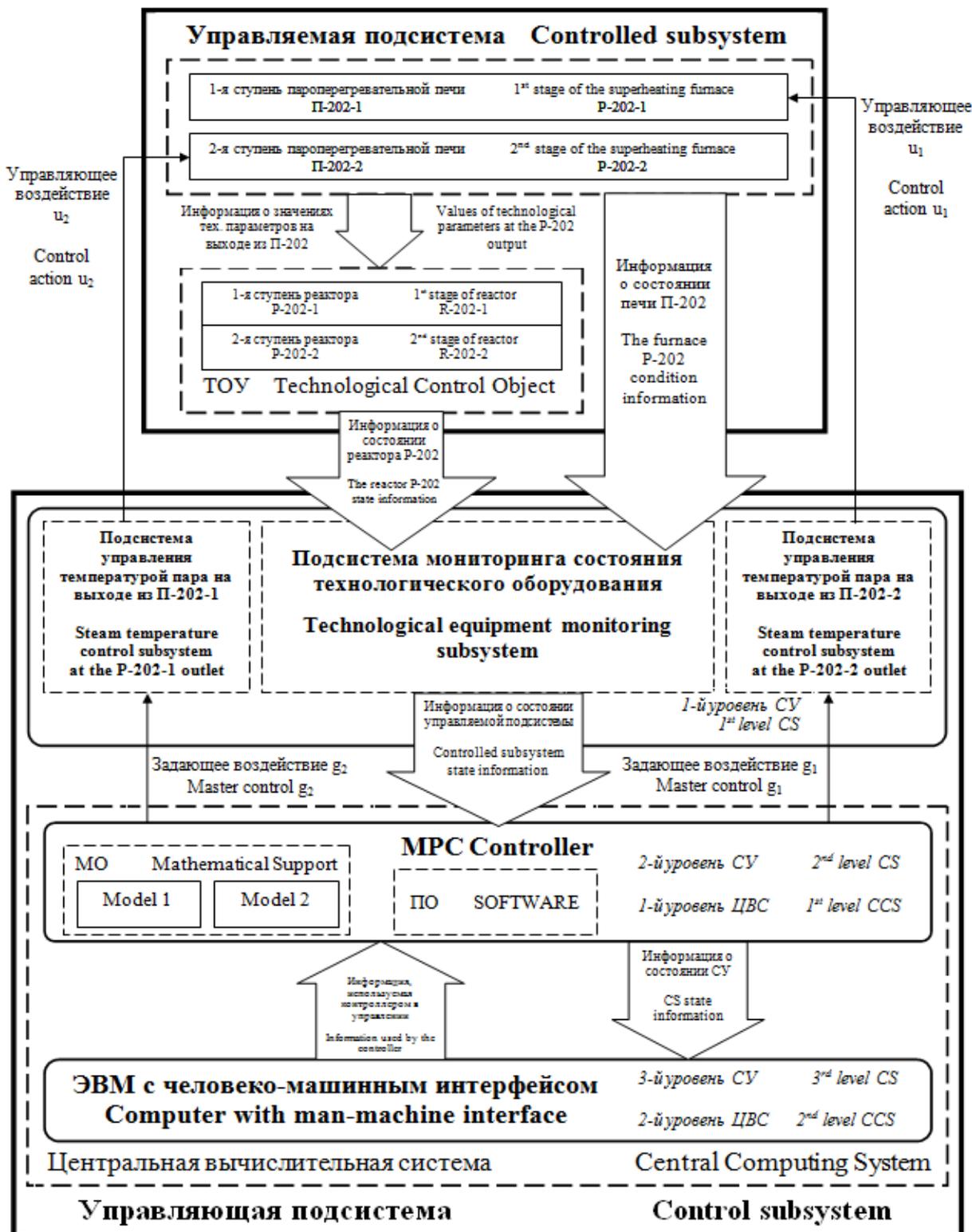


Рисунок 4. Коммуникационная схема информационных потоков в системе управления

Figure 4. Communication scheme of information flows in the control system

MPC Controller представляет собой 1-й уровень ЦВС, который выполняет следующие функции:

- приём и преобразование в цифровую форму информации от контрольно-измерительных приборов;

- выработка величин задающих воздействий с последующей их передачей на входы регуляторов расхода топливного газа;

- первичная обработка информации в реальном масштабе времени;

Второй уровень ЦВС представлен ЭВМ с человеко-машинным интерфейсом, основные функции которой состоят в:

- вторичной обработке информации, полученной от измерительных приборов
- организация многофункционального интерфейса оператор-система.
- организация обмена информацией и правление работой микропроцессорного контроллера.

4. Контроль работоспособности всей системы управления.

5. Преобразование математических моделей процесса дегидрирования в программный код для настройки микропроцессорного программируемого контроллера.

Заключение

В результате проведенного системного анализа, получены результаты, являющиеся ос-

новой для усовершенствования АСУ реакторного блока производства стирола. Основные итоги исследований можно обобщить следующим образом:

1. Определены параметры, оказывающие существенное влияние на скорость протекания процесса и процентное содержание стирола в реакционной смеси, выявлены управляемые параметры и возмущающие воздействия.

2. Предложен способ управления, обеспечивающий повышение энергоэффективности и производительности реакционного аппарата.

3. В качестве управляющей системы выбрана АСУ реакторным блоком, реализующая изменение управляемых величин в соответствии с алгоритмом программного управления на основе прогнозирующих моделей.

4. На основе системного подхода произведен информационный и структурный синтез системы управления температурным режимом в реакторных ступенях.

ЛИТЕРАТУРА

1 Технологический регламент производства стирола на ОАО «Нижнекамскнефтехим», 1980.

2 Битюков В.К., Попов А.П., Тихомиров С.Г., Неизвестный О.Г. Моделирование кинетики процесса дегидрирования этилбензола с учетом дезактивации каталитического слоя реактора // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. Т. 79. № 1 (71). С. 73–80.

3 Попов А.П., Неизвестный О.Г., Подвальный С.Л., Тихомиров С.Г. Моделирование изотермической кинетики дегидрирования этилбензола // Моделирование энергоинформационных процессов. Сборник статей VI международной научно-практической интернет-конференции. Воронеж: ВГУИТ, 2017. С. 194–198

4 Jackson G. Simulation of an Isothermal Catalytic Membrane Reactor for the dehydrogenation of ethylbenzene // Chemical and Process Engineering Research. 2012. V. 3. P. 14-28.

5 Jian Z., Dang S.S., Raoul B., Robert S. et al. Surface Chemistry and Catalytic Reactivity of a Nanodiamond in the Steam-Free Dehydrogenation of Ethylbenzene // Angewandte Chemie - International edition. 2010. V. 49. №46. P. 8640-8644.

6 Charles M. Sheppard, Edward E. Maler, Hugo S. Caram Ethylbenzene Dehydrogenation Reactor Model // Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1986. V. 25. №1. P.207-210.

7 Shelepova E.V., Vedyagin A.A., Mishakov I.V., Noskov A.S. Modeling of Ethylbenzene Dehydrogenation in Catalytic Membrane Reactor with Porous Membrane // Catalysis for Sustainable Energy - 2014. - Vol. 2. - P. 1-9.

8 Abdelhamid A., Emaddine A. Dynamic Modeling and Control of a Fluidized Bed Reactor for the Oxidative Dehydrogenation of Ethylbenzene to Styrene // J. King Saud Univ. 1998. № 10(2). pp. 141-162.

REFERENCES

1 Tekhreglament proizvodstva stirola na OAO «Nizhnekamsk» [Technological regulation of production of styrene at Nizhnekamskneftekhim] 1980. (in Russian)

2 Bityukov V.K., Popov A.P., Tikhomirov S.G., Neizvestnyi O.G. Modeling of ethylbenzene dehydrogenation kinetics process taking in-to account deactivation of catalyst bed of the reactor. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET] 2017, vol. 79.no. 1(71). pp. 73–80. (in Russian)

3 Popov A.P., Neizvestnyi O.G., Podvalnyi S.L., Tikhomirov S.G. The isothermal kinetics modeling of ethylbenzene dehydrogenation. Modelirovanie energoeffektivnykh protsessov [Modeling of energy information processes: Articles collection of the VI international scientific and practical Internet conference] Voronezh, VSUET, 2017. pp. 194–198. (in Russian)

4 Jackson G. Simulation of an Isothermal Catalytic Membrane Reactor for the dehydrogenation of ethylbenzene. Chemical and Process Engineering Research. 2012. vol. 3. pp. 14-28.

5 Jian Z., Dang S.S., Raoul B., Robert S. et al. Surface Chemistry and Catalytic Reactivity of a Nanodiamond in the Steam-Free Dehydrogenation of Ethylbenzene. Angewandte Chemie - International edition. 2010. vol. 49. no. 46. pp. 8640-8644.

6 Charles M. Sheppard, Edward E. Maler, Hugo S. Caram Ethylbenzene Dehydrogenation Reactor Model. Ind. Eng. Chem. Process Des. Dev. 1986. vol. 25. no. 1. pp. 207-210.

7 Shelepova E.V., Vedyagin A.A., Mishakov I.V., Noskov A.S. Modeling of Ethylbenzene Dehydrogenation in Catalytic Membrane Reactor with Porous Membrane. Catalysis for Sustainable Energy. 2014. vol. 2. pp. 1-9.

8 Abdelhamid A., Emaddine A. Dynamic Modeling and Control of a Fluidized Bed Reactor for the Oxidative Dehydrogenation of Ethylbenzene to Styrene // J. King Saud Univ. 1998. no. 10(2). pp. 141-162

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Алексей П. Попов к.т.н., ст. преподаватель, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, aleksej_p_91@mail.ru

Виталий К. Битюков д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, prezident@vsuet.ru

Сергей Г. Тихомиров д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tikhomirov_57@mail.ru

Олег Г. Неизвестный аспирант, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, 394036, Россия, o.neizvestnyi@mail.ru

Евгений Д. Чертов д.т.н., профессор, и.о. ректора, зав. кафедрой технической механики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ched@vsuet.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 04.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksei P. Popov Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, Information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, aleksej_p_91@mail.ru

Vitalii K. Bityukov Dr. Sci. (Engin.), professor, Information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, prezident@vsuet.ru

Sergei G. Tikhomirov Dr. Sci. (Engin.), professor, information technology management department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tikhomirov_57@mail.ru

Oleg G. Neizvestnyi graduate student, Voronezh state technical university, Moscow Av., 14 Voronezh, 394036, Russia, o.neizvestnyi@mail.ru

Evgeny D. Chertov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Acting Director Rector, Head of the Department of Technical Mechanics, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ched@vsuet.ru

CONTRIBUTION

All authors equally participated in writing the manuscript and responsible for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.4.2018

ACCEPTED 5.15.2018

Моделирование восстановления биологических и биотехнических систем с использованием аппаратной аналоговой и программной искусственных нейронных сетей

Ярослав А. Туровский	¹	yaroslav_turovsk@mail.ru
Евгений В. Богатиков	¹	evbogatikov@yandex.ru
Сергей Г. Тихомиров	²	tikhomirov_57@mail.ru
Артем А. Адаменко	²	adamenko.artem@gmail.com

¹ Воронежский государственный университет, Университетская площадь, 1, г. Воронеж, 394018, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Разработана аппаратная аналоговая модель искусственной нейронной сети на основе специально обученной программной искусственной нейронной сети для моделирования процесса восстановления поврежденных биологических и биотехнических систем с использованием нейрочипов на основе эволюционного метода обучения. Проведена серия из 12 вычислительных экспериментов по восстановлению поврежденной аппаратной аналоговой искусственной нейронной сети с помощью программной искусственной нейронной сети. Для восстановления поврежденной сети используется эволюционный подход. В большинстве случаев удается восстановить поврежденную аппаратную аналоговую нейронную сеть до 100% точности. Полученные результаты подтверждают работоспособность предложенного подхода в рамках моделирования восстановления поврежденных биологических и биотехнических систем с использованием нейрочипа на основе эволюционного метода с применением механизма "изоляции". Предложенный метод восстановления открывает перспективы для таких областей как: нейропротезирование, самообучающиеся и само адаптирующиеся системы; реверс-инжиниринг; восстановление поврежденных банков данных, восстановление изображений; принятие решений и управление и т. п.

Ключевые слова: нейрочип, эволюционный алгоритм, изоляты, искусственные нейронные сети, аппаратная аналоговая искусственная нейронная сеть, программная искусственная нейронная сеть

Modeling the restoration of biological and biotechnical systems using hardware analog and software artificial neural networks

Yaroslav A. Turovskii	¹	yaroslav_turovsk@mail.ru
Evgenii V. Bogatikov	¹	evbogatikov@yandex.ru
Sergei G. Tikhomirov	²	tikhomirov_57@mail.ru
Artem A. Adamenko	²	adamenko.artem@gmail.com

¹ Voronezh state university, University Square, 1 Voronezh, 394018, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. A hardware analog model of an artificial neural network was developed, based on a specially trained software artificial neural network, for modeling the process of recovering damaged biological and biotechnical systems using neurochips based on the evolutionary method of training. A series of 12 computational experiments on the restoration of a damaged hardware analog artificial neural network with the help of a software artificial neural network was carried out. To restore a damaged network, an evolutionary approach is used. In most cases, it is possible to restore a damaged hardware analog neural network to 100% accuracy. The obtained results confirm the efficiency of the proposed approach in the framework of modeling the restoration of damaged biological and biotechnical systems using a neurochip on the basis of the evolutionary method using the "isolation" mechanism. The proposed recovery method opens up prospects for such areas as neuroprosthetics, self-learning and self-adapting systems; reverse-engineering; restoration of damaged data banks, image restoration; decision making and management, and so on.

Keywords: neurochip, evolutionary algorithm, isolates, artificial neural networks, hardware analog artificial neural network, software artificial neural network

Введение

На сегодняшний день одним из перспективных направлений исследований, которые проводятся с целью восстановления работоспособности поврежденных биологических и биотехнических систем, является создание нейрочипов (НЧ) [1–5]. В качестве биологической системы могут быть, например, отдельные участки или области нервной ткани [6], в качестве

биотехнических систем могут использоваться сложные системы, включающие биологические и технические элементы.

Примером биотехнических систем являются технологические машины и оборудование для биосинтетических процессов и биотехнологий: биореакторы для культивирования микроорганизмов, оборудование для биокаталитических процессов, оборудование для созревания пищевых

Для цитирования

Туровский Я.А., Богатиков Е.В., Тихомиров С.Г., Адаменко А.А. Моделирование восстановления биологических и биотехнических систем с использованием аппаратной аналоговой и программной искусственных нейронных сетей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 86–92. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-86-92

For citation

Turovskij Y.A., Bogatkov E.V., Tikhomirov S.G., Adamenko A.A. Modeling the restoration of biological and biotechnical systems using hardware analog and software artificial neural networks. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018, vol. 80, no. 2, pp. 86–92. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-86-92

сред и т. п. [7] Элементами такой системы являются различные биологические объекты – бактерии или дрожжи в системах микробиологического синтеза, биодатчики в системах контроля или поддержания параметров среды обитания, человек, управляющий сложными техническими устройствами и т. п. [8].

Нейрочипы, при их интеграции в биотехническую систему, для выполнения своих функций должны быть «подстроены» под нее путем проведения этапа предварительного обучения. Один из вариантов обучения НЧ базируется на использовании искусственных нейронных сетей (ИНС). При этом реализованная тем или иным способом архитектура НЧ должна будет соответствовать функциям и структуре ИНС. В настоящее время существует множество алгоритмов обучения ИНС «с учителем», в том числе и для ИНС прямого распространения. Однако одним из главных недостатков этих алгоритмов является необходимость наличия обучающих выходных паттернов для соответствующих входных векторов обучающей выборки (ОВ). Такой подход к обучению ИНС не представляется возможным для случая, когда ИНС нужно использовать в качестве инструмента для моделирования автоматизированного обучения НЧ для восстановления поврежденной биологической или биотехнической системы, потому что неизвестны входные и выходные векторы. Наиболее подходящим подходом к обучению в таких случаях является эволюционный подход.

Материалы и методы

Реализация и моделирование повреждения аппаратной искусственной нейронной сети

Разработана и реализована аппаратная аналоговая искусственная нейронная сеть (ААИНС), в целях моделирования восстановления поврежденной биологической и биотехнической систем с использованием НЧ. В качестве НЧ выступает программная искусственная нейронная сеть (ПИНС), в качестве модели нервной ткани используется ААИНС с разомкнутыми весовыми коэффициентами (ВК) в целях моделирования повреждения биологических и биотехнических систем. Взаимодействие ПИНС и ААИНС, путем передачи сигналов позволяет провести процесс моделирования восстановления поврежденной биологических и биотехнических систем с использованием эволюционного подхода [9].

Перед реализацией ААИНС проводится этап создания ее ПИНС-модели, т. е. модели искусственной нейронной сети, реализованной на том или иной языке программирования. Обучение нейронной сети проводится в оригинальном программном пакете *ANNBuilder* [10–12], алгоритмом перебора ВК [10], т. к. в данном

оригинальном алгоритме есть возможность гибкого перебора ВК сети. Возможность оригинального алгоритма перебора ВК при обучении нейронной сети обусловлена тем, что при реализации ААИНС, накладываются ограничения на порядок значений ВК ПИНС-модели преимущественно в диапазоне [0; 1], в связи с использованием резисторов различных номиналов сопротивления, как аналогов ВК нейронной сети. Алгоритм перебора ВК позволяет обучать ИНС путем перебора всех ее ВК по заданным пользователем параметрам, в отличие от градиентных методов, один из которых также реализован в программном пакете *ANNBuilder* в алгоритме обратного распространения ошибки, где значения ВК нейросети изменяются независимо от пользователя способом и значения ВК ничем не ограничиваются. Алгоритм перебора ВК хорошо подходит для создания небольших моделей в задачах классификации, т. к. подвержен попаданию в локальные минимумы, но позволяет подстроить значения ВК нейросети в заданных пределах и с требуемой точностью классификации.

Другим ограничением, связанным с особенностями ААИНС, является то, что значения ВК в аппаратной реализации отличаются от значений изначальной модели на $\pm 5\%$, что требует тестирования модели, перед аппаратной реализацией, на ее устойчивость к изменениям ее ВК на заданный процент.

В качестве модели используется многослойный перцептрон, с одним скрытым слоем из пяти нейронов, двумя входами и двумя нейронами на выходе. Модель обучена на обучающей выборке из 500 элементов для задачи линейной классификации. На рисунке 1 приведена топология модели ААИНС.

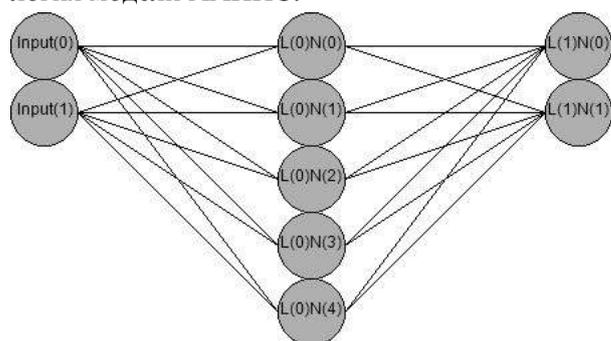


Рисунок 1. Топология модели ААИНС. L(–) – порядковый номер слоя сети; N(–) – порядковый номер нейрона в слое

Figure1. Topology of the HAANN model. L (–) – the sequence number of the network layer; N (–) is the ordinal number of the neuron in the layer

После обучения ПИНС-модели проводится анализ конструирования ААИНС. Для каждого из нейронов высчитываются соответствующие сопротивления и резисторы нужных

номиналов, для имитации значений ВК ПИНС-модели, а также строятся электронные схемы каждого нейрона в ПО *Microcap* [13].

Все проходящие по связям *i*-го нейрона сигналы, попадают в сумматор данного нейрона, где происходит суммирование входящих в него сигналов. Связи ААИНС, являющиеся аналогами ВК ПИНС-модели, имеют резисторы с номиналами сопротивления, соответствующими значениям ВК модели. Суммарный сигнал передается в операционный усилитель LM224 [14], который является аналогом функции активации. На выходе из операционного усилителя, сигнал нормируется к рабочему для ПИНС-модели диапазону [0; 1]. На рисунке 2 приведен пример электронной схемы одного из нейронов, перед аппаратной реализацией.

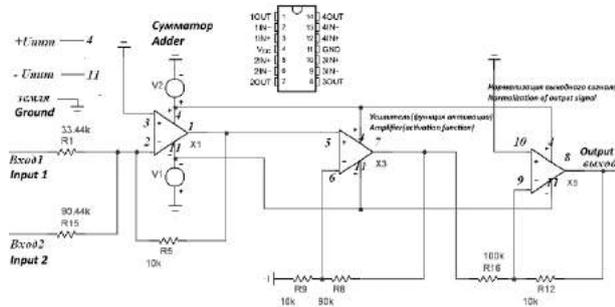


Рисунок 2. Электронная схема одного из нейронов ААИНС

Figure2. Electronic circuit of one of the HAANN neurons

В ПО *SprintLayout* [15] построены схемы печатных плат для нейронов скрытого слоя, нейронов выходного слоя и соединительной платы, которая соединяет входы и выходы сети с нейронами и сами нейроны между собой. На рисунке 3 приведена фотография ААИНС.

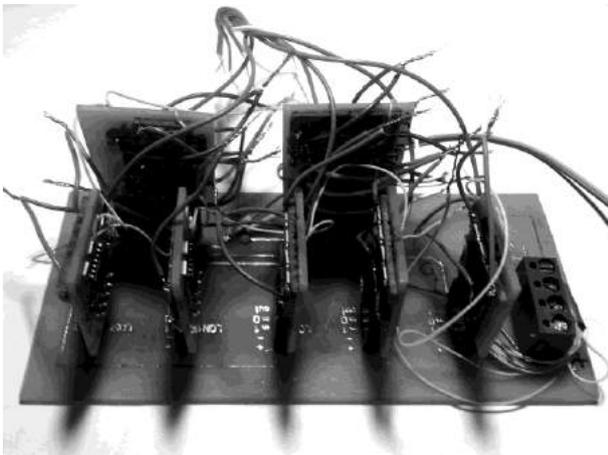


Рисунок 3. Аппаратная аналоговая реализация искусственной нейронной сети

Figure3. Hardware analog implementation of an artificial neural network

После реализации и тестирования ААИНС, проведен этап повреждения сети, имитирующий повреждение биологической и биотехнической систем. Повреждение проводится путем разъединения контактов ВК ААИНС, в результате чего, точность ее классификации падает. В таблице 1 приведены результаты повреждения ААИНС. Изначальная точность ААИНС равна 95–100%.

Таблица 1. Топологии повреждения ААИНС

Table 1. Topologies of damage to HAANN

№	Точность Accuracy (%)	Кол-во отключенных связей Count of disconnected weights
1	68,42	3
2	42,11	2
3	57,89	5
4	68,42	3
5	42,11	6
6	42,11	7
7	42,11	8
8	42,11	9
9	42,11	9
10	42,11	11
11	31,58	12
12	31,58	12

Перед этапом непосредственного восстановления функционирования поврежденной ААИНС, проводится этап конструирования генератора сигналов и аппаратной реализации коннекторов, которые будут передавать заданные сигналы с ААИНС на входы ПИНС и от выходов ПИНС на контакты ААИНС соответственно.

В качестве генератора сигналов и устройства считывания выходных значений ААИНС используется *ArduinoUno* [16], а также 2 12-битных ЦАП *MCP4921* [17] на каждый вход нейронной сети, управляемых через SPI [18] интерфейс *ArduinoUno*. Считывание выходных сигналов реализовано посредством встроенных АЦП *ArduinoUno*. На рисунке 4 приведена фотография генератора сигналов для ААИНС.

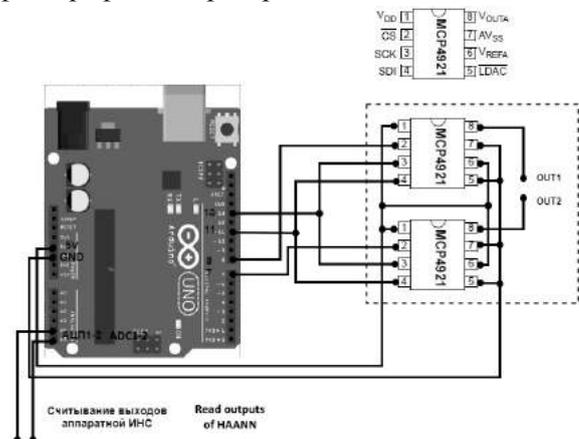


Рисунок 4. Генератор сигналов для ААИНС

Figure4. Signal generator for HAANN

В качестве коннектора к ААИНС также использовался *ArduinoUno*. Для передачи сигналов с ААИНС на входы ПИНС используются АЦП микрокомпьютера. Для передачи сигналов с выходов ПИНС на контакты ААИНС используются 6 12-битных ЦАПов *MCP4921*, управляемых через SPI интерфейс *ArduinoUno*. На рисунке 5 приведен коннектор для ААИНС.

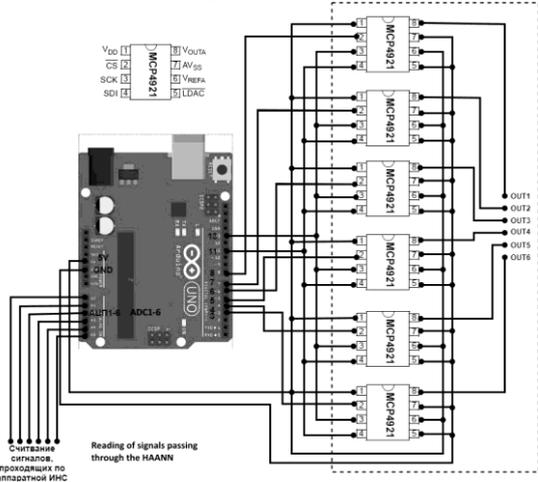


Рисунок 5. Коннектор для ААИНС

Figure 5. Connector for HAANN

Восстановление поврежденной аналоговой аппаратной нейронной сети

Для программного пакета *ANNBuilder* реализован модуль подстройки ПИНС под ААИНС, с использованием эволюционного подхода в целях восстановления последней. Т.е. сигналы, проходящие по коннектору, передаются и используются реализованным программным модулем, который в свою очередь имитирует подстройку нейрочипа под поврежденную биологическую и биотехническую систему на примере подстройки искусственных нейронных сетей с использованием эволюционного метода. На рисунке 6 приведен скриншот модуля, имитирующего подстройку нейрочипа на основе эволюционного подхода с использованием механизма «изолятов».

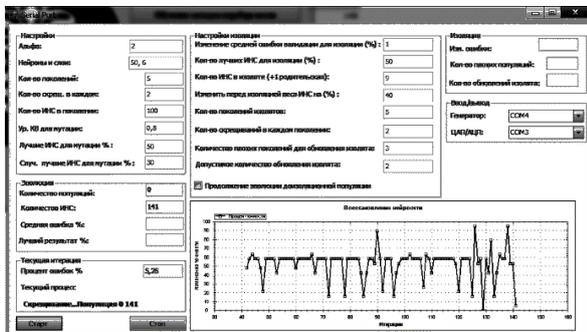


Рисунок 6. Скриншот модуля программного пакета *ANNBuilder*, имитирующего подстройку нейрочипа на основе эволюционного подхода с использованием механизма «изолятов».

Figure 6. Screenshot of the module *ANNBuilder*, which simulates the adjustment of the neurochip on the basis of the evolutionary approach using the mechanism of "isolates".

Восстановление проводится путем воздействия на ВК ААИНС сигналов, являющимися выходами ПИНС.

В ходе экспериментов отключается все больше и больше ВК ААИНС с целью уменьшения точности ее классификации. Затем, к ВК ААИНС в случайном порядке подключаются контакты для считывания промежуточных сигналов ААИНС как входов в ПИНС. Случайность подключения имитирует то, что мы не можем точно знать к каким местам биологических и биотехнических систем подключиться, а имеем возможность подключаться к определенной промежуточной, для проходящих процессов, области, получая промежуточные параметры ее активности данных систем. Также подключаются выходы ПИНС к случайным ВК ААИНС или к суммарному сигналу отдельных нейронов для воздействия на ее промежуточные сигналы с целью ее восстановления программной нейронной сетью. На рисунке 7 приведена общая схема, на которой ААИНС сети с генератором сигналов и коннектором. Ромбовидные контакты сплошного контура соединяют выход коннектора со связями ААИНС; круглые сплошного контура соединяют вход коннектора со связями ААИНС. Пунктирным контуром соединены контакты ААИНС с генератором; сплошным контуром соединены контакты ААИНС с коннектором

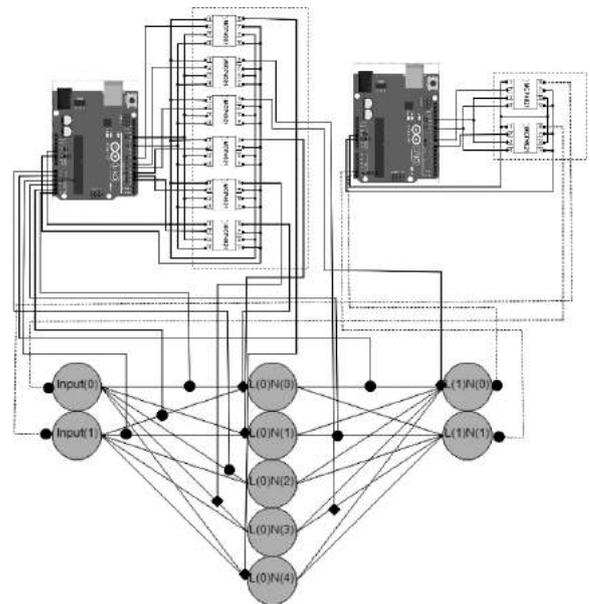


Рисунок 7. Общая схема ААИНС с генератором сигналов и коннектором.

Figure 7. General scheme of HAANN with signal generator and connector.

Для восстановления ААИНС используется эволюционный подход с механизмом “изоляции” [19–21] для подстройки ПИНС. Для эволюционного метода обучения заданы следующие параметры: количество скрытых слоев – 1; количество нейронов в скрытом слое – 50;

параметр α – 2(он характеризует угол наклона сигмоидальной функции активации нейронов [22]); количество поколений ИНС – 30; количество скрещиваний в каждом поколении – 2; количество ИНС в каждом поколении – 100; уровень коэффициента вариации (КВ) для мутации – 0,8; количество лучших ИНС для мутации – 50%; количество случайных ИНС из числа лучших ИНС для мутации – 30%. В нашем случае «мутация» ИНС – изменение i -х весовых коэффициентов, для которых коэффициент вариации по всей популяции ниже, чем заданный пользователем в заданном диапазоне. Порог изменения средней ошибки валидации эволюционного алгоритма для запуска «изоляция» – 1%; количество лучших ИНС для создания «изолятов» – 50; количество ИНС в одном «изоляторе» – 9 (+1 родительская ИНС); изменение ВК родительской ИНС при создании дочерних ИНС внутри «изолята» – на 40%; количество поколений обучения «изолятов» – 10; количество скрещиваний в каждом поколении – 2; порог количества «неудачных» поколений для обновления «изолятов» – 3; допустимое количество обновлений «изолятов» – 2.

В качестве целевой функции используется обратная связь от ААИНС. В разработанном модуле на основе выходов ААИНС определяется наиболее вероятный класс и вычисляется ошибка на основе заранее заданных желаемых выходных значений для ААИНС, на которых была обучена ее изначальная ПИНС модель.

Результаты и обсуждение

Далее проведена серия из 12 вычислительных экспериментов по восстановлению ААИНС, в рамках моделирования восстановления поврежденных биологических и биотехнических систем посредством нейрочипа на основе эволюционного метода. В табл. 2 приведены результаты восстановления поврежденной ААИНС. Количество input контактов – количество весов, к которым подключены связи для передачи сигналов в ПИНС как вход; Количество output контактов – количество контактов, к которым подключены связи от ПИНС(выход) для воздействия на ААИНС.

Таблица 2.

Восстановление ААИНС с помощью ПИНС

Table2.

Recovery of HAANN by means of PANN

№	Точность Accuracy(%)	Количество input контактов Count of input contacts	Количество output контактов Count of output contacts
1	100	2	3
2	100	2	2
3	100	2	4
4	100	2	5
5	100	2	6
6	100	2	6
7	100	2	6
8	100	2	6
9	100	2	6
10	100	2	6
11	94,74	2	6
12	78,94	2	3

В таблице 3 приведены результаты восстановления поврежденной ААИНС с шагом в 5 поколений. По горизонтали – поколения с шагом в 5 единиц, по вертикали – номер эксперимента.

Первое число – лучшая точность в поколении, второе число – средняя точность для всего поколения. Все значения указаны в процентах. ‘-’ – эксперимент не проводился.

Таблица 3.

Результаты восстановления поврежденной ААИНС с шагом в 5 поколений

Table3.

Results of restoration of damaged HAANN in 5-generation increments

№	5	10	15	20	25	30	35
1	100; 95,47	–	–	–	–	–	–
2	100; 100	–	–	–	–	–	–
3	100; 95,79	–	–	–	–	–	–
4	100; 90,53	–	–	–	–	–	–
5	94,74; 66,74	100; 74,53	100; 84,16	100; 90,74	100; 92,58	100; 93,89	–
6	100; 66,32	100; 71,53	100; 80,05	100; 90,95	100; 92,84	100; 93,42	100; 93,84
7	94,74; 68,11	100; 82	100; 93,68	100; 94,26	100; 94,42	100; 94,63	–
8	94,74; 67,63	94,74; 76,58	100; 89	–	–	–	–
9	100; 75,11	100; 85,05	100; 92,89	–	–	–	–
10	94,74; 64,11	94,74; 71,16	94,74; 81,42	94,74; 91,74	100; 93,58	100; 94,84	–
11	94,74; 65,26	94,74; 71,89	94,74; 78,26	94,74; 87,74	94,74; 92,11	–	–
12	78,94; 67,47	78,94; 73,89	78,94; 75,21	–	–	–	–

Из таблицы 3 видно, что в большинстве случаев удалось восстановить точность классификации ААИНС до 100%. Средние значения точности классификации отражают среднюю точность всего поколения на указанной эпохе эволюции ПИНС. Лучшая точность отражает показатель точности лучшей ПИНС в поколении на указанной эпохе эволюции. Лишь при отключении 60% связей ААИНС (12/20), не удалось восстановить точность классификации до 100%, а только до 80–95% с 32%. Вышеописанные результаты подтверждают работоспособность предложенного подхода к восстановлению поврежденных биологических и биотехнических систем с использованием НЧ на основе эволюционного подхода.

Заключение

Реализована ААИНС, а также модуль имитирующий функционирование нейрочипа на основе эволюционного подхода и проведена

ЛИТЕРАТУРА

1. Neurochip // ScienceDaily. 2010. URL: <https://www.sciencedaily.com/releases/2010/08/100810094619.htm>.
2. Chunxiao H. NeuroChip: A Microfluidic Electrophysiological Device for Genetic and Chemical Biology Screening of *Caenorhabditis elegans* Adult and Larvae // PLOS ONE. 2013. URL: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0064297>
3. Brainchip // Nature. 2004. URL: <http://www.nature.com/news/2004/041011/full/news041011-9.html>
4. Neurochip // Ohio State University, Wexner Medical Center. URL: <https://wexnermedical.osu.edu/blog/new-tech-helps-paralyzed-man-move-hand-with-mind>
5. Monia B. Tissue models: A living system on a chip // Nature: International Journal of science. 2011. № 471. P. 661–665
6. Туровский Я.А., Кургалин С.Д., Адаменко А.А. Автоматизирование обучения нейрочипов // Актуальные направления научных исследований века: теория и практика. 2015. № 5. Ч. 2(16–2). С.191–196.
7. Алексеев Г.В., Ангуфьев В.Т., Корниенко Ю.И. Технологические машины и оборудование биотехнологий: учебник. СПб.: ГИОРД, 2015. 608 с.
8. Биотехнические системы // Академик
9. Туровский Я.А., Кургалин С.Д., Адаменко А.А. Моделирование обучения нейрочипов, внедренных в нервную ткань // Цифровая обработка сигналов. 2016. С. 13–14
10. Туровский Я.А., Кургалин С.Д., Адаменко А.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015619800 ANNBuilder 1.4.9. Воронеж, 2015.
11. Туровский Я.А., Кургалин С.Д., Адаменко А.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016614262 ANNBuilder 1.8.8. Воронеж, 2015.
12. Туровский Я.А., Кургалин С.Д., Адаменко А.А. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016619398 ANNBuilder 2.1.0. Воронеж, 2016.
13. Micro-Cap // SpectrumSoftware. URL: <http://www.spectrum-soft.com/demo.shtml>
14. LM224 // NXP Semiconductors. URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/17872/PHILIPS/LM224.html>

серия вычислительных экспериментов по повреждению и восстановлению ААИНС в рамках моделирования восстановления поврежденных биологических и биотехнических систем. В большинстве случаев удалось восстановить точность поврежденной ААИНС до 100%, что доказывает работоспособность предложенного метода для восстановления поврежденных биологических и биотехнических систем и утраченных ею функций в результате повреждения с использованием НЧ на основе эволюционного подхода.

Предложенный метод восстановления открывает перспективы для таких областей как: нейропротезирование, самообучающиеся и самоадаптирующиеся системы; реверс-инжиниринг; восстановление поврежденных банков данных, восстановление изображений; принятие решений и управление и т. п.

15. SprintLayout // ABACOM. URL: <https://www.electronic-software-shop.com/sprint-layout-60.html?language=de>
16. ArduinoUno // Arduino. URL: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>
17. MCP4921 // Microchip. URL: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP4921>
18. SPI интерфейс // SerialPeripheralInterface. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface
19. Кургалин С.Д., Туровский Я.А., Борзунов С.В., Адаменко А.А. Теоретические аспекты оптимизации эволюционного обучения нейрочипов с использованием "изолятов" // Информационные технологии. 2016. Т. 22. № 11. С. 888–889.
20. Туровский Я.А., Адаменко А.А. Сравнительный анализ эволюционного метода с использованием «изолятов» и метода имитации отжига при обучении искусственных нейронных сетей // Программная инженерия. 2018. Т.9. № 4. С. 185–190
21. Туровский Я.А., Адаменко А.А. Сравнительный анализ результатов Обучения искусственных нейронных сетей в задачах обработки сигналов на основе эволюционного алгоритма с применением и без применения «изоляции» // DSPA-2018 20-я международная конференция Цифровая обработка сигналов и ее применение. 2018.
22. Альфа // Портал искусственного интеллекта. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/neural-networks/activation-function.html>

REFERENCES

- 1 Neurochip ScienceDaily. 2010. Available at: <https://www.sciencedaily.com/releases/2010/08/100810094619.htm>.
- 2 Chunxiao H. NeuroChip: A Microfluidic Electrophysiological Device for Genetic and Chemical Biology Screening of *Caenorhabditis elegans* Adult and Larvae. PLOS ONE. 2013. Available at: <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0064297>
- 3 Brainchip. Nature. 2004. Available at: <http://www.nature.com/news/2004/041011/full/news041011-9.html>
- 4 Neurochip. Ohio State University, Wexner Medical Center. Available at: <https://wexnermedical.osu.edu/blog/new-tech-helps-paralyzed-man-move-hand-with-mind>

5 Monia B. Tissue models: A living system on a chip. Nature: International Journal of science. 2011. № 471. pp. 661–665

6 Turovsky Y.A., Kurgalin S.D., Adamenko A.A. Automation of training of neurotics. *Aktualnye issledvaniya veka: teoriya i praktika* [Actual directions of scientific research of the century: theory and practice] 2015. no. 5. part 2 (16-2). pp. 191-196. (in Russian)

7 Alekseev G.V., Antufev V.T., Kornienko Yu.I. Tekhnologicheskie mashiny i oborudovanie [Technological machines and equipment for biotechnology] Saint-Petersburg, GIORД, 2015. 608 p. (in Russian)

8 . Biotechnical systems. *Akademik* [Academician] (in Russian)

9 Turovsky Y.A., Kurgalin S.D., Adamenko A.A. Modeling of the training of neurochips embedded in a neural tissue. *Tsifrovaya obrabotka signala* [Digital signal processing] 2016. pp. 13-14 (in Russian)

10 Turovsky Y.A., Kurgalin S.D., Adamenko A.A. Svidetel'stvo o gosregistratsii pogrammy dlya EVM [Certificate of state registration of the computer program № 2015619800 ANNBuilder 1.4.9] Voronezh, 2015. (in Russian)

11 Turovsky Y.A., Kurgalin S.D., Adamenko A.A. Svidetel'stvo o gosregistratsii pogrammy dlya EVM [Certificate of state registration of the computer program No. 2016614262 ANNBuilder 1.8.8] Voronezh, 2015. (in Russian)

12 Turovsky Y.A., Kurgalin S.D., Adamenko A.A. Svidetel'stvo o gosregistratsii pogrammy dlya EVM [Certificate of state registration of the computer program No. 2016619398 ANNBuilder 2.1.0] Voronezh, 2016. (in Russian)

13 Micro-Cap. SpectrumSoftware. Available at: <http://www.spectrum-soft.com/demo.shtm>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ярослав А. Туровский к.м.н., доцент, кафедра цифровых технологий, Воронежский государственный университет, Университетская площадь, 1, г. Воронеж, 394018, Россия, Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, Профсоюзная ул., 65, Москва, 117342, Россия, yaroslav_turovsk@mail.ru

Евгений В. Богатиков к.ф.-м.н., доцент, кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, Воронежский государственный университет, Университетская площадь, 1, г. Воронеж, 394018, Россия, evbogatikov@yandex.ru

Сергей Г. Тихомиров д.т.н., профессор, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tikhomirov_57@mail.ru

Артем А. Адаменко аспирант, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, adamenko.artem@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

14 LM224. NXP Semiconductors. URL: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/17872/PHILIPS/LM224.html>

15 SprintLayout. ABACOM. Available at: <https://www.electronic-software-shop.com/sprint-layout-60.html?language=de>

16 ArduinoUno. Arduino. Available at: <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>

17 MCP4921. Microchip. Available at: <http://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP4921>

18 SPI interface. SerialPeripheralInterface. Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/Serial_Peripheral_Interface

19 Kurgalin S.D., Turovsky Y.A., Borzunov S.V., Adamenko A.A. Theoretical Aspects of Optimizing Evolutionary Learning of Neurochips Using "Isolates". *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technologies]. 2016. pp. 22. no. 11. pp. 888-889. (in Russian)

20 Turovsky Y.A., Adamenko A.A. Comparative analysis of the evolutionary method with the use of "isolates" and the simulation method for annealing in the training of artificial neural networks. *Programmaya inzheneriya* [Software engineering] 2018. vol. 9. no. 4. pp. 185-190 (in Russian)

21 Turovsky Y.A., Adamenko A.A. Comparative analysis of the results of the training of artificial neural networks in signal processing problems on the basis of an evolutionary algorithm with and without the use of "isolation". *DSPA 2018* [20th International Conference on Digital Signal Processing and Differential Equalization its Application] 2018. (in Russian)

22 Alpha. *Portal iskustvennogo intellekta* [Portal of artificial intelligence] Available at: <http://www.ai> (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yaroslav A. Turovskii Cand. Sci. (Med.), associate professor, department of digital technologies, Voronezh state university, University Square, 1 Voronezh, 394018, Russia, V. A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, 65 Profsoyuznaya street, Moscow 117997, Russia, yaroslav_turovsk@mail.ru

Evgenii V. Bogatikov Cand. Sci. (Phys.-Math.), associate professor, department of semiconductor physics and microelectronics, Voronezh state university, University Square, 1 Voronezh, 394018, Russia, evbogatikov@yandex.ru

Sergei G. Tikhomirov Dr. Sci. (Engin.), professor, department of information and control systems, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tikhomirov_57@mail.ru

Artem A. Adamenko graduate student, department of information and control systems, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, adamenko.artem@gmail.com

CONTRIBUTION

review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.1.2018

ACCEPTED 4.2.2018

Задачи анализа, оптимизации и управления при разделении газовых смесей

Евгений И. Акулинин	¹	akulinin-2006@yandex.ru
Олег О. Голубятников	¹	golubyatnikov_ol@mai.ru
Дмитрий С. Дворецкий	¹	dvoretsky@tambov.ru
Станислав И. Дворецкий	¹	sdvoretsky@mail.tstu.ru

¹ Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 392000, Россия

Реферат. Разработаны математические модели динамики короткоцикловых процессов адсорбционного разделения синтез-газа (на водород, диоксид и оксид углерода) и атмосферного воздуха (на кислород, азот и аргон), позволяющие рассчитывать профили концентраций компонентов и температуры в газовой и твердой фазах, давления и скорости газовой смеси по высоте адсорбента в зависимости от времени. Модели включают дифференциальные уравнения с частными и обыкновенными производными, описывающие: 1) процессы массо- и теплообмена, протекающие при адсорбции (десорбции) сорбтива (H_2 , CO_2 , CO и O_2 , N_2 , Ar) гранулированными цеолитовыми адсорбентами CaA и NaX ; 2) кинетику смешанно-диффузионного переноса адсорбтива и изотермы Ленгмюра-Фрейндлиха (при разделении синтез-газа), кинетику внешней диффузии и изотермы Дубинина-Радушкевича (при разделении воздуха) и уравнение Эргуна для расчета скорости газовой смеси в адсорбенте. Систему дифференциальных уравнений в частных производных решали методом прямых, систему дифференциальных уравнений в обыкновенных производных - методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности с автоматическим выбором шага. Анализ точности математической модели процессов адсорбционного разделения синтез-газа и получения водорода проводили с использованием относительной погрешности рассогласования расчетных по модели и экспериментальных значений концентрации продукционного водорода в «установившемся состоянии» (после 15-30 циклов функционирования установки КБА), максимальное значение которой не превышало 11,5%. Выполнены численные исследования влияния изменения температуры, состава и давления исходной газовой смеси на чистоту, степень извлечения и температуру продукционного водорода и кислорода в широком диапазоне изменения времени цикла «адсорбция – десорбция» и давления на стадии адсорбции, связи производительности установки короткоциклового безнагревной адсорбцией с чистотой получаемого продукта (водорода, кислорода). Сформулирована и решена задача адаптивной оптимизации процесса адсорбционного разделения газовой смеси и получения водорода и кислорода с максимальной концентрацией, разработано алгоритмическое и программное обеспечение автоматизированной системы адаптивного управления.

Ключевые слова: короткоцикловая безнагревная адсорбция, цеолитовый адсорбент, синтез-газ, воздух, математическая модель, численный анализ, оптимизация, управление

Problems of analysis, optimization and control in the separation of gas mixtures

Evgenii I. Akulinin	¹	akulinin-2006@yandex.ru
Oleg O. Golubyatnikov	¹	golubyatnikov_ol@mai.ru
Dmitrii S. Dvoretiskii	¹	dvoretsky@tambov.ru
Stanislav I. Dvoretiskii	¹	sdvoretsky@mail.tstu.ru

¹ Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 392000, Russia

Summary. Mathematical models of dynamics of pressure swing adsorption processes for the separation of synthesis gas (into hydrogen, carbon dioxide and carbon monoxide) and air (into oxygen, nitrogen and argon) have been developed. The models allow calculating the profiles of component concentrations and temperature of gas and solid phases, pressure and velocity of gas mixture along the height of adsorbent in relation to time. The models include the following equations: 1) processes of mass and heat transfer during the adsorption (desorption) of a sorptive (H_2 , CO_2 , CO and O_2 , N_2 , Ar) by granulated zeolite adsorbents $5A$ and $13X$; 2) kinetics of compound diffusion transport of adsorbate and Langmuir-Freundlich isotherm (for the synthesis gas separation), kinetics of external diffusion and Dubinin-Radushkevich isotherm (for the air separation); 3) the Ergun equation for the calculation of pressure and velocity of gas mixture in adsorbent. The system of partial differential equations was solved by method of lines. The system of ordinary differential equations was solved by the fourth-order Runge-Kutta method with automatic step selection. To analyze the accuracy of mathematical models of the adsorption separation of synthesis-gas for recovery hydrogen, the relative error of the mismatch between the calculated values for the model and the experimental values of the concentration of the product (hydrogen, oxygen) in the 'steady state' (after 15-30 operating cycles of the PSA) was calculated. The maximum value of the relative error did not exceed 11.5%. Numerical studies were carried out in a wide range of changes in the time of the cycle "adsorption-desorption" and the pressure at the stage of adsorption to determine the effect of changes in temperature, composition and pressure of the initial gas mixture on the purity, recovery and temperature of production hydrogen and oxygen, as well as the relationship of the PSA unit capacity with the purity of the resulting product (hydrogen, oxygen). The problem of adaptive optimization of the process of adsorption separation of a gas mixture and obtaining hydrogen and oxygen with a maximum concentration was formulated and solved. The algorithmic and software of the automated adaptive control system was developed.

Keywords: pressure swing adsorption, zeolite adsorbent, synthesis gas; air, mathematical model, numerical analysis, optimization, controlling

Введение

В последние десятилетия наиболее распространенным способом разделения газовых смесей и концентрирования в них целевых продуктов становятся циклические адсорбционные процессы и, в частности, короткоцикловая безнагревная адсорбция (КБА или в англоязычной литературе *PSA – Pressure Swing Adsorption*),

представляющая особый класс адсорбционных процессов с циклически изменяющимся давлением. КБА – процессы широко применяют в промышленности для безнагревного разделения углеводородов, извлечения метана, концентрирования водорода, кислорода, азота и других газов. Одной из актуальных задач в области адсорбционного разделения является получение

Для цитирования

Акулинин Е.И., Голубятников О.О., Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И. Задачи анализа, оптимизации и управления при разделении газовых смесей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 93–100. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-93-100

For citation

Akulinin E.I., Golubyatnikov O.O., Dvoretiskii D.S., Dvoretiskii S.I. Problems of analysis, optimization and control in the separation of gas mixtures. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 93–100. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-93-100

водорода из водородсодержащих технологических потоков (газов конверсии и окисления углеводородов, нефтезаводских газов, синтез-газа и др.) [1, 2] и обогащение воздуха кислородом в медицинских концентраторах и бортовых кислороддобывающих установках [3, 4].

Целью данной работы является: 1) исследование динамики процесса адсорбционного разделения газовой смеси (или атмосферного воздуха) с циклически изменяющимся давлением и концентрирования продукционного газа (водорода, кислорода) с применением технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента; 2) численное исследование влияния изменения температуры, состава и давления исходной газовой смеси на чистоту, степень извлечения и температуру продукционного газа в широком диапазоне изменения длительности цикла "адсорбция-десорбция" и давлений на стадиях адсорбции и десорбции; связи производительности установки КБА с чистотой продукционного газа (водорода, кислорода); 4) оптимизация и управление циклическими режимами функционирования установок КБА при разделении многокомпонентных газовых смесей (или воздуха) и концентрировании продукционного газа (водорода, кислорода).

Математическое описание процесса адсорбционного разделения газовой смеси

Технологический процесс концентрирования водорода методом адсорбционного разделения газовой смеси осуществляется

в 4-х адсорберной установке КБА с гранулированным адсорбентом – синтетическим цеолитом CaA (рисунок 1) [2, 5], а обогащения воздуха кислородом – в 2-х адсорберной установке с адсорбентом NaX [3] (на рисунке не показана).

Технологическая установка (рисунок 1) предназначена для получения водорода с концентрацией до 99,99% из газовой смеси, содержащей водород в количестве 65 ±2% об., диоксид углерода ~34 ±2% об. и оксид углерода ~1 ±0,5% об. Исходная газовая смесь (синтез-газ) подается в установку после осушки с избыточным давлением $P_{ads}^{in} = 21 \times 10^5$ Па и температурой $T_g^{in} = 30^\circ\text{C}$.

Подъем давления в адсорберах A1÷A4 производится открытием управляемых клапанов (v2, v4, v6 и v8), через которые газ подводится к слою насыпного гранулированного адсорбента CaA. Продукционный водород выводится из адсорберов через управляемые клапаны (v10, v12, v13 и v15) и направляется потребителю через ресивер R. Противоточная регенерация адсорбента в адсорберах производится открытием клапанов (v11, v14, v16 и v18), через которые обогащенная водородом газовая смесь подводится к слою адсорбента для десорбции адсорбтива (преимущественно CO2 и CO), а через клапаны v3, v5, v7 и v9 производится вывод газовой смеси, обедненной водородом, со стадии десорбции.

Аналогичным образом осуществляется технологический процесс разделения атмосферного воздуха и концентрирования кислорода в 2-х адсорберной установке КБА.

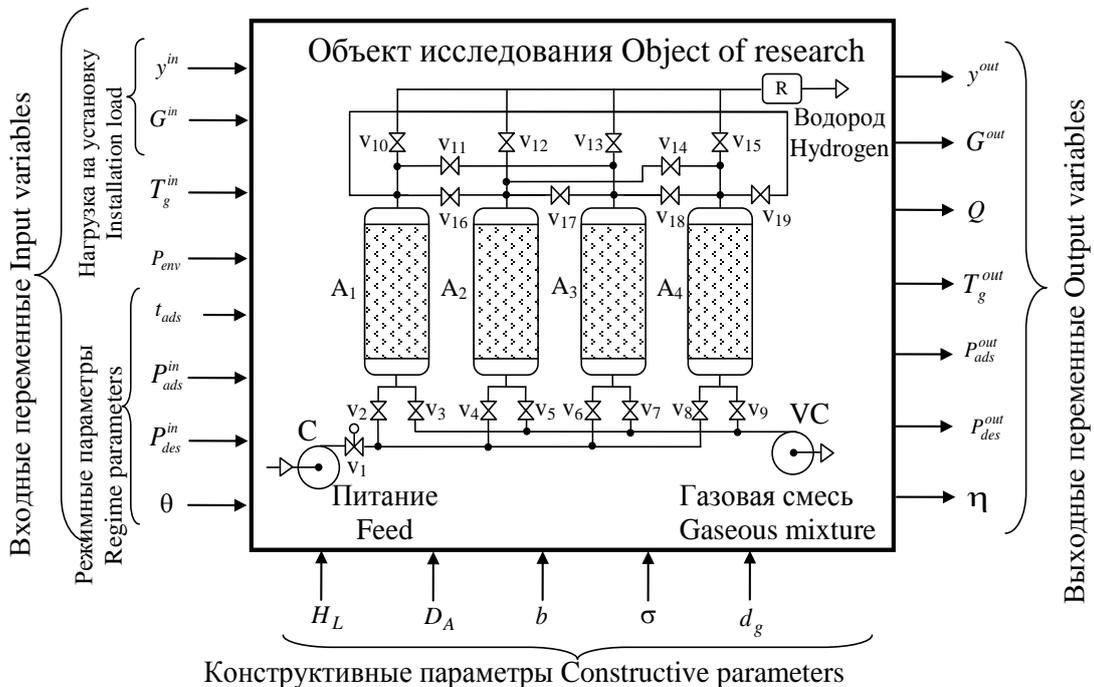


Рисунок 1. Схема 4-адсорберной установки КБА для концентрирования водорода: A1-A4 - адсорберы, v – управляемые клапаны, R – ресивер

Figure 1. Scheme 4- adsorber PSA unit for hydrogen concentration: A1-A4-adsorbers, v-controlled valves, R-receiver

Циклограмма изменения давления в адсорберах $A_1 \div A_4$ с помощью системы клапанов $v_1 \div v_{19}$ приведена на рисунке 2.

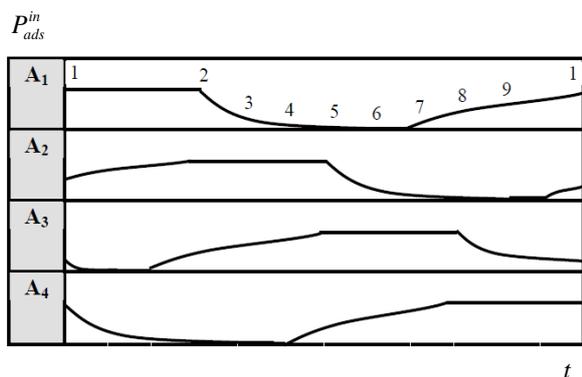


Рисунок 2. Циклограмма изменения давления в адсорберах

Figure 2. Cyclogram of pressure changes in the adsorbers

Входные переменные в установках КБА включают нагрузку по сырью $x_n = \{y^{in}, G^{in}\}$, y^{in}, G^{in} – состав и расход исходной газовой смеси (или атмосферного воздуха); вектор управлений $u = \{P_{ads}^{in}, P_{des}^{in}, t_{ads}, t_{des}, \theta\}$, $P_{ads}^{in}, P_{des}^{in}$, t_{ads}, t_{des} – давления на стадиях адсорбции, десорбции и продолжительности стадий адсорбции и десорбции; θ – коэффициент обратного потока, $0 < \theta < 1$; температуру T_g^{in} и давление P_{env} исходной газовой смеси, поступающей на разделение в адсорберы. В состав выходных переменных входят концентрации y_1^{out} продукционного газа (водорода, кислорода) и сопутствующих веществ; степень извлечения η адсорбтива (преимущественно диоксида и окиси углерода, азота); производительность Q установки КБА; температура T_g^{out} и расход G^{out} продукционного газа (водорода, кислорода).

При адсорбции H_2, CO_2, CO и O_2, N_2 цеолитовыми адсорбентами в адсорберах установки КБА протекают следующие массо- и теплообменные процессы: а) диффузия H_2, CO_2, CO и O_2, N_2 в потоке газовой смеси; 2) массообмен H_2, CO_2, CO, O_2, N_2 и теплообмен между газовой фазой и адсорбентом; 3) адсорбция преимущественно CO_2, CO и N_2 на поверхности и в микропорах гранул цеолитового адсорбента с выделением тепла и десорбция CO_2, CO и N_2 из микропор и с поверхности гранул с поглощением тепла. Анализ результатов физического моделирования этих процессов показал, что диффузия H_2, CO_2, CO, O_2, N_2 и распространение тепла газовой и твердой фазах осуществляются в основном в аксиальном

направлении относительно движения потока газовой смеси в адсорбере (т. е. по высоте адсорбента). При этом процесс обогащения газовой смеси водородом при адсорбции CO_2 и CO гранулированным цеолитовым адсорбентом осуществляется в смешанно-диффузионной области (определяется общим коэффициентом массопередачи), а обогащение воздуха кислородом при адсорбции N_2 – во внешне-диффузионной области (определяется коэффициентом внешней массоотдачи), а также равновесными соотношениями концентраций H_2, CO_2, CO и O_2, N_2 в фазах.

При математическом описании процессов обогащения газовой смеси водородом и воздуха кислородом принимали следующие допущения: 1) исходная газовая смесь (содержит 1 – водород H_2 с концентрацией $65 \pm 2\%$ об., 2 – диоксид углерода CO_2 с концентрацией $34 \pm 2\%$ об., 3 – окись углерода CO с концентрацией $1 \pm 0,5\%$ об.) и воздух (содержит 1 – кислород O_2 с концентрацией $20,8 \pm 1\%$ об., 2 – азот N_2 с концентрацией $78,2\%$ об.; 3 – аргон Ar и примеси с концентрацией $1,25 \pm 0,5\%$ об.) являются 3-х компонентными и рассматриваются как идеальный газ, что вполне допустимо при давлении в адсорбере до $P_{ads}^{in} = 200 \times 10^5$ Па [6]; 2) диффузия H_2, CO_2, CO, O_2, N_2 и распространение тепла в газовой и твердой фазах осуществляются только в аксиальном направлении движения потока газовой смеси в адсорбере (по высоте адсорбента); 3) в качестве адсорбентов используются гранулированные цеолиты CaA (для разделения синтез-газа) и NaX (для разделения воздуха) с диаметром гранул 1,6 мм и 2,0 мм, коэффициентом пористости 0,375 и 0,394, соответственно [1,7–9]; 4) адсорбционное равновесие (изотермы адсорбции) описывается уравнениями Ленгмюра-Фрейндлиха (при разделении синтез-газа и концентрировании водорода) и Дубинина-Радушкевича (при разделении воздуха и концентрировании кислорода); 5) десорбционные ветви изотерм адсорбции H_2, CO_2, CO на цеолите CaA и O_2, N_2 на цеолите NaX совпадают с адсорбционными [8]; 6) температура газа в ресивере R равна температуре газа на выходе из адсорбера, тепловые потери в окружающую среду пренебрежимо малы.

В соответствии с принятыми допущениями математическое описание процесса разделения 3-х компонентной газовой смеси (синтез-газа) и концентрирования водорода включает следующие уравнения [2]: 1) покомпонентного материального баланса компонентов (H_2, CO_2, CO, O_2, N_2) в потоке газовой фазы с учетом продольного перемешивания в слое адсорбента (нелинейное

дифференциальное уравнение в частных производных параболического типа); 2) кинетики адсорбции–десорбции (нелинейное дифференциальное уравнение в обыкновенных производных); 3) распространения тепла в газовой и твердой фазах с учетом конвективной составляющей и теплопроводности (нелинейные дифференциальные уравнения в частных производных параболического типа); 4) изменения скорости потока газовой смеси (нелинейное дифференциальное уравнение в частных производных) и давления газовой смеси (дифференциальное уравнение Эргуна в обыкновенных производных) по высоте адсорбента.

Для решения системы дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями [2] использовали различные методы: метод конечных элементов в программной среде Matlab и метод прямых. В соответствии с методом прямых производные по пространственной координате заменяли конечно-разностными формулами и решение краевой задачи (системы дифференциальных уравнений в обыкновенных производных) искали методом Рунге-Кутты 4-го порядка точности с автоматическим выбором шага вдоль некоторого семейства прямых.

Анализ точности математических моделей процессов адсорбционного разделения газовых смесей и воздуха проводили с использованием относительной погрешности рассогласования расчетных по модели y_1^{out} и экспериментальных значений $y_1^{out,e}$ концентрации продукционного водорода в «установившемся состоянии» (после 10–15 циклов функционирования установки КБА). Максимальная погрешность рассогласования

$$\delta_{max} = \max_t \left(\left| y_1^{out}(t) - y_1^{out,e}(t) \right| / y_1^{out,e}(t) \right) 100\% \quad \text{не}$$

превышала 11,5%, что позволило использовать математическую модель для технологического расчета, оптимизации циклических режимов и проектирования установок КБА для разделения синтез-газа (воздуха) и концентрирования водорода (кислорода).

Численное исследование адсорбционных процессов с циклически изменяющимся давлением

Проведен численный анализ зависимости концентрации y_1^{out} продукционного водорода от длительности стадии адсорбции при температуре исходной смеси 10, 30 и 50°C, коэффициенте обратного потока $\theta = 0.5$ и отношении длительности стадий десорбции t_{des} и адсорбции

$t_{ads} : t_{des} / t_{ads} = 0.2, 0.5, \text{ и } 0.8$, соответственно. Из анализа графиков (на рисунке не показаны) следует, что при всех значениях t_{des} / t_{ads} графики имеют максимумы, находящиеся в диапазоне $t_{ads} = 35 \div 75$ с. При большей длительности стадии адсорбции адсорбент регенерируется в неполной степени, что приводит к снижению чистоты продукционного водорода, при меньшей длительности давление в адсорбере не достигает рабочего значения, что также приводит к уменьшению чистоты продукционного водорода на выходе установки. Установлено, что температура исходной смеси в наибольшей степени влияет на чистоту продукта и его температуру (не превышает 317 К) при величине $t_{des} / t_{ads} = 0.5$.

На рисунках 3, 4 представлены зависимости концентрации продукционного кислорода y_1^{out} от длительности стадии адсорбции t_{ads} при различных значениях концентрации CO_2 в исходной смеси y_2^{in} (рисунок 3) и давления на стадии адсорбции P_{ads}^{in} (рисунок 4).

Из анализа зависимостей на рисунке 3 следует, что для каждого значения концентрации CO_2 в исходной газовой смеси существует диапазон значений длительности стадии адсорбции $[t_{ads}; \overline{t_{ads}}]$, при котором достигается максимальное значение концентрации y_1^{out} (например, для $y_2^{in} = 34\%$ об. на участке от 38 до 46 с (кривая 2)). При меньшей длительности стадии адсорбции $t < \overline{t_{ads}}$ не обеспечивается достаточная регенерация адсорбента (например, для $y_2^{in} = 34\%$ об. на участке от 25 до 37 с (кривая 2)), а при большей длительности $t > \overline{t_{ads}}$ концентрация водорода на выходе установки уменьшается в результате исчерпания адсорбционной емкости адсорбента (например, для $y_2^{in} = 34\%$ об. на участке от 47 до 200 с (кривая 2)), что приводит к снижению эффективности работы установки КБА. Следует отметить, что увеличение концентрации CO_2 в исходной газовой смеси в ~1,8 раза (с 25 до 45% об.) приводит к смещению диапазона $[t_{ads}; \overline{t_{ads}}]$, при котором достигается максимальное значение концентрации y_1^{out} , в сторону увеличения длительности стадии адсорбции t_{ads} и к его уменьшению в 4 раза (для кривой 1 диапазон равен 16 с –

участок с 35 по 50 с, для кривой 3 – диапазон равен 4 с участок с 72 по 75 с).

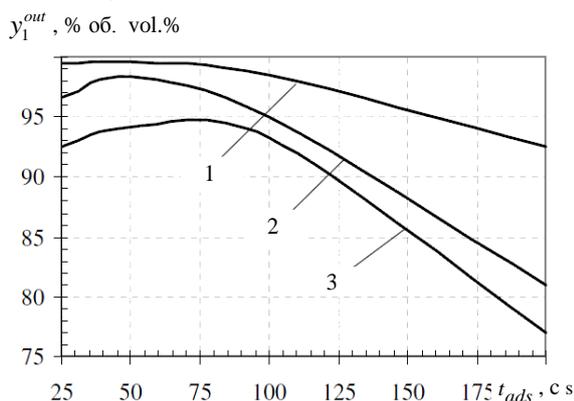


Рисунок 3. Зависимости концентрации y_1^{out} продукционного водорода от длительности стадии адсорбции t_{ads} при концентрации CO_2 в исходной смеси: 1 – $y_2^{in} = 25\%$ об.; 2 – $y_2^{in} = 34\%$ об.; 3 – $y_2^{in} = 45\%$ об.

Figure 3. Dependence of the production hydrogen concentration y_1^{out} on the adsorption time t_{ads} at CO_2 concentration in the initial mixture: 1 – $y_2^{in} = 25$ vol.% ; 2 – $y_2^{in} = 34$ vol.% ; 3 – $y_2^{in} = 45$ vol.%.

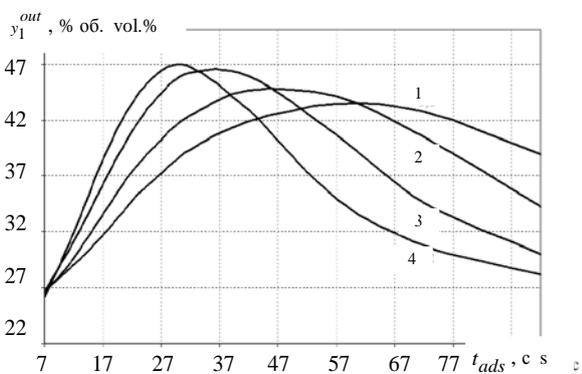


Рисунок 4. Зависимости концентрации y_1^{out} продукционного водорода от длительности стадии адсорбции t_{ads} при давлении на стадии адсорбции: 1– $P_{ads}^{in} = 2.2 \times 10^5$ Па; 2– $P_{ads}^{in} = 2.7 \times 10^5$ Па; 3– $P_{ads}^{in} = 3.7 \times 10^5$ Па; 4– $P_{ads}^{in} = 5.2 \times 10^5$ Па

Figure 4. Dependence of the production hydrogen concentration y_1^{out} on the adsorption time t_{ads} at adsorption pressure: 1– $P_{ads}^{in} = 2.2 \times 10^5$ Pa; 2– $P_{ads}^{in} = 2.7 \times 10^5$ Pa; 3– $P_{ads}^{in} = 3.7 \times 10^5$ Pa; 4– $P_{ads}^{in} = 5.2 \times 10^5$ Pa

Из анализа зависимостей на рисунке 4 следует, что для каждого значения давления

адсорбции P_{ads}^{in} существует длительность стадии адсорбции t_{ads} такая, при которой достигается максимальное значение концентрации продукционного кислорода y_1^{out} . Увеличение давления адсорбции с 2,2 до $5,2 \times 10^5$ Па приводит к увеличению расхода от $8,34 \times 10^{-5}$ м³/с до $16,67 \times 10^{-5}$ м³/с, и уменьшению (от 64 с до 30 с) длительности стадии адсорбции при достижении максимальной концентрации продукционного кислорода. Кроме того, при увеличении давления адсорбции от 2,2 до $5,2 \times 10^5$ Па, максимальная концентрации кислорода на выходе установки повышается на 4% (от 43 до 47% (об.)) из-за увеличения равновесной концентрации азота на стадии адсорбции.

Оптимизация адсорбционных установок для разделения газовых смесей

Сформулируем аргументную задачу оптимизации режимов функционирования установки КБА для разделения синтез-газа и концентрирования водорода: для заданного варианта технологической схемы, типа применяемого адсорбента и заданных значений конструктивных параметров установки требуется определить режимные параметры (управления) $u^* = \{t_{ads}^*, P_{ads}^{in*}\}$ такие, что среднее значение концентрации продукционного водорода y_1^{out} на отрезке времени $[0, t_{st}]$, соответствующем выводу установки КБА на "установившийся" режим работы (примерно после 15–30 циклов "адсорбция-десорбция"), достигает максимального значения, т. е.

$$I(u^*) = \max_{u=\{t_{ads}, P_{ads}^{in}\}} \left(\frac{1}{t_{st}} \int_0^{t_{st}} y_1^{out}(u) dt \right) \quad (1)$$

при связях в форме уравнений математической модели динамики процесса адсорбционного разделения газовой смеси и концентрирования водорода [2] и ограничениях на степень извлечения η адсорбтива (диоксида и окиси углерода) и концентрирования водорода

$$\eta_{зад} - \eta(u) \leq 0, \quad (2)$$

производительность установки КБА

$$Q_{зад} - Q(u) \leq 0 \quad (3)$$

и условия физической реализуемости управления (режимных параметров)

$$u_j^- \leq u_j \leq u_j^+, \quad j = 1, 2, \quad (4)$$

где u_j^-, u_j^+ – нижняя и верхняя границы диапазона изменения j -го управляющего воздействия u_j .

Сформулированная задача оптимизации (1) – (4) относится к классу задач нелинейного программирования, для решения которой использовали метод штрафных функций (внутренней точки) и последовательного квадратичного программирования [10]. В качестве номинального (рабочего) режима функционирования установки КБА при разделении синтез-газа и концентрировании водорода принимали следующие значения технологических параметров: $y_2^{in} = 34\%$ об., $G^{in} = 20.4 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$, $T_g^{in} = 30^\circ\text{C}$, $t_{ads} = 42.5 \text{ с}$, $P_{ads}^{in} = 15.8 \times 10^5 \text{ Па}$, $t_{des} / t_{ads} = 0.5$, $\theta = 0.5$.

Оперативное решение задачи оптимизации (1)–(4) процесса адсорбционного получения водорода выполняется в 2-х уровненой системе управления, осуществляющей непрерывный контроль за текущими значениями возмущающих воздействий. При их отклонении от номинальных значений на верхнем уровне системы решалась задача оптимизации и определялись текущие оптимальные значения режимных параметров $u^* = \{P_{ads}^{in*}, t_{ads}^*\}$, поступающие в качестве задания ПИД – регулятору давления и программному задатчику циклограммы переключения отсечных клапанов.

Так при ступенчатом уменьшении концентрации диоксида углерода с $y_2^{in} = 34\%$ об. до $y_2^{in} = 25\%$ об. в установке КБА протекают переходные процессы и через 10–15 циклов «адсорбция-десорбция» за счет свойств самовыравнивания объекта устанавливается новый режим функционирования установки КБА с чистотой продукта на уровне 96,5% об. В случае адаптивной оптимизации определяются новые оптимальные технологические параметры $t_{ads}^* = 34.5 \text{ с}$, $P_{ads}^{in*} = 21 \times 10^5 \text{ Па}$, при реализации которых через 10–15 циклов «адсорбция-десорбция» функционирования установки КБА достигаются более высокая концентрация $y_1^{out} = 99,7\%$ продукционного водорода и производительность установки КБА $Q_{зад} = 15 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$. При ступенчатом повышении доли CO_2 в исходной газовой смеси до 45% об. чистота продукта $\sim 89.5\%$ об. достигается за счет свойств самовыравнивания объекта, а адаптивная оптимизация циклических режимов установки КБА позволяет определить новые значения технологических параметров $t_{ads}^* = 38 \text{ с}$, $P_{ads}^{in*} = 15.85 \times 10^5 \text{ Па}$, реализация которых обеспечивает более высокие

значения концентрации $y_1^{out} = 95.7\%$ об. продукционного водорода и производительности $Q = 11.7 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ установки КБА.

Сформулируем теперь аргументную задачу оптимизации циклических режимов работы установки КБА для разделения воздуха и концентрирования кислорода: для заданного варианта технологической схемы, типа применяемого адсорбента и заданных значений конструктивных параметров установки требуется определить вектор $u^* = (t_{ads}^*, t_{des}^*, P_{ads}^{in*}, P_{des}^{in*}, \theta^*)$ режимных переменных таких, что степень извлечения азота

$$I_1(u) = \left(\frac{1}{t_{st}} \int_0^{t_{st}} \eta(u) dt \right)$$
 из атмосферного воздуха

$$\text{или производительность } I_2(u) = \left(\frac{1}{t_{st}} \int_0^{t_{st}} Q(u) dt \right)$$

установки достигают максимального значения,

$$\text{т. е. } I_\lambda(u^*) = \max_{u = \{t_{ads}, t_{des}, P_{ads}^{in}, P_{des}^{in}, \theta\}} I_\lambda(u), \lambda = 1, 2, \text{ при}$$

связях в форме уравнений математической модели [5] и ограничениях на концентрацию продукционного кислорода, производительность установки (для критерия максимального извлечения азота) и допустимые диапазоны изменения технологических (варьируемых) параметров $u = \{t_{ads}, t_{des}, P_{ads}^{in}, P_{des}^{in}, \theta\}$.

В качестве номинального (рабочего) режима функционирования установки КБА при разделении атмосферного воздуха и концентрировании кислорода принимали следующие значения конструктивных (предельный адсорбционный объем адсорбента – $W_0 = 0,17 \text{ см}^3/\text{г}$, параметр термического уравнения Дубинина – Радускевича $B = 6.55 \times 10^{-6} \text{ 1/К}^2$, высота насыпного слоя адсорбента – $H_L = 0.3 \text{ м}$, диаметр адсорбера – $D_A = H / 6 \text{ м}$, диаметр гранул адсорбента – $d_g = 10^{-3} \text{ м}$, объем ресивера – $V_R = 0.2405 \times 10^{-3} \text{ м}^3$) и технологических параметров (состав атмосферного воздуха в питании установки КБА – концентрации кислорода $y_1^{in} = 20.8\%$ об., азота – $y_2^{in} = 78.2\%$ об., аргона – $y_3^{in} = 1.0\%$ об.; нагрузка по расходу $G^{in} = 17 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$ и температура атмосферного воздуха $T_g^{in} = 20^\circ\text{C}$; заданные значения концентрации продукционного кислорода $y_1^{out} \geq 90\%$ об. и производительности установки $Q \geq 1.7 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$).

Допустимые диапазоны изменения технологических (варьируемых) переменных:

1) для напорной схемы: $1 \leq t_{ads} \leq 15$, $1 \leq t_{des} \leq 15$, $2 \times 10^5 \leq P_{ads}^{in} \leq 6 \times 10^5$, $P_{des}^{in} = 1 \times 10^5$, $0 \leq \theta \leq 1$;

2) для вакуум-напорной схемы: $1 \leq t_{ads} \leq 15$, $1 \leq t_{des} \leq 15$, $2 \times 10^5 \leq P_{ads}^{in} \leq 6 \times 10^5$, $0,5 \times 10^5 \leq P_{des}^{in} \leq 1 \times 10^5$, $0 \leq \theta \leq 1$.

Максимальное значение средней степени извлечения $\eta^* = 99,93\%$ азота достигается при следующих значениях режимных переменных:

1) для напорной схемы: $t_{ads}^* = 3.1$ с, $t_{des}^* = 4$ с, $P_{ads}^{in*} = 4.2 \times 10^5$ Па, $\theta^* = 0.82$; выход установки на «установившийся режим» работы осуществляется за $n_{st}^* = 17$ циклов адсорбции–десорбции;

2) для вакуум-напорной схемы: $t_{ads}^* = 3.1$ с, $t_{des}^* = 3.5$ с, $P_{ads}^{in*} = 6 \times 10^5$ Па, $P_{des}^{in*} = 0.99 \times 10^5$ Па, $\theta^* = 0.7$, $n_{st}^* = 35$.

Максимальные значения производительности установки КБА достигается при следующих значениях режимных переменных:

1) для напорной схемы: $Q^* = 1.6 \times 10^{-5}$ м³/с, $t_{ads}^* = 4.3$ с, $t_{des}^* = 3.8$ с, $P_{ads}^{in*} = 6 \times 10^5$ Па, $\theta^* = 0.61$, $n_{st}^* = 22$;

2) для вакуум-напорной схемы: $Q^* = 1.8 \times 10^{-5}$ м³/с, $t_{ads}^* = 4.16$ с, $t_{des}^* = 4.16$ с, $P_{ads}^{in*} = 5.93 \times 10^5$ Па, $P_{des}^{in*} = 0.99 \times 10^5$ Па, $\theta^* = 0.48$, $n_{st}^* = 29$.

Заключение

На основе современных методов системного анализа, математического моделирования и теории управления получены новые научные

ЛИТЕРАТУРА

1. Ruthven D.M., Farooq S., Knaebel K.S. Pressure swing adsorption. New York, 1993. 376 с.
2. Akulinin E.I., Ishin A.A., Skvortsov S.A., Dvoretzkiy D.S. et al. Mathematical modeling of hydrogen production process by pressure swing adsorption method // Advanced Materials and Technologies. 2017. № 2. P. 38–49. doi: 10.17277/amt.2017.01
3. Акулинин Е.И., Дворецкий Д.С., Дворецкий С.И. Динамика циклических адсорбционных процессов обогащения воздуха кислородом: моделирование и оптимизация // Вестник Технологического университета. 2016. Т.19. № 17. С. 108–114.
4. Ko D., Siriwardane R., Biegler L. Optimization of pressure swing adsorption and fractionated vacuum pressure swing adsorption processes for CO₂ capture // Industrial & Engineering Chemistry Research. 2005. V. 44 (21). P. 8084–8094.
5. Baksh M.S.A., Ackley M.W. Pressure swing adsorption process for the production of hydrogen. Pat. 6340382 USA. 2002.

результаты для теории и практики создания автоматизированных технологических процессов адсорбционного разделения газовых смесей с циклически изменяющимся давлением. На основании численного анализа системных связей и закономерностей процессов адсорбционного концентрирования водорода и кислорода, определены наиболее опасные возмущения – состав и температура исходной газовой или воздушной смеси, давление на производственном выходе установки КБА. Их необходимо измерять в автоматическом режиме и в соответствии с ними корректировать оптимальные управления (время цикла "адсорбция-десорбция", давления на стадиях адсорбции и десорбции, коэффициент обратного потока) установкой КБА. Сформулированы и решены задачи адаптивной оптимизации технологических процессов адсорбционного разделения газовых смесей с циклически изменяющимся давлением. Методом имитационного моделирования получены оценки эффективности алгоритма адаптивной оптимизации и управления процессом адсорбционного концентрирования водорода и кислорода (прирост чистоты продукта за счет адаптивной оптимизации составил 2.5–6.3% об.). Математическое, информационное и алгоритмическое обеспечение системы управления с высокой эффективностью может быть использовано при проектировании новых автоматизированных адсорбционных процессов и технологических установок с циклически изменяющимся давлением для очистки и разделения многокомпонентных газовых смесей.

Благодарности

Авторы выражают благодарность к.т.н. А.А. Ишину за содействие в проведении вычислительных экспериментов, а также Министерству образования и науки РФ за предоставленное финансирование в рамках проектной части государственного задания № 10.3533.2017/ПЧ.

6. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика. М.: Издательский дом МЭИ, 2016. 496 с.

7. Шумяцкий Ю.И. Промышленные адсорбционные процессы. М.: КолосС, 2009. 183 с.

8. Кельцев Н.В. Основы адсорбционной техники. М.: Химия, 1984. 592 с.

9. Shokroo E., Farsani D., Meymandi H., Yadoliahi N. Comparative study of zeolite 5A and zeolite 13X in air separation by pressure swing adsorption // Korean Journal of Chemical Engineering. 2016. V. 33 (4), P. 1391–1401.

10. Реклейтис Г., Рейвиндран А., Рэгсдел К. Оптимизация в технике. М.: Мир, 1986. 320 с.

REFERENCES

1. Ruthven D.M., Farooq S., Knaebel K.S. Pressure swing adsorption. New York, 1993. 376 p.
2. Akulinin E.I., Ishin A.A., Skvortsov S.A., Dvoretzkiy D.S., Dvoretzkiy S.I. Mathematical modeling of hydrogen production process by pressure swing adsorption method. Advanced Materials and Technologies. 2017. no. 2. pp. 38–49. doi: 10.17277/amt.2017.01.

3. Akulinin E.I., Dvoretzkiy D.S., Dvoretzkiy S.I. Dynamics of cyclic adsorption processes for the enrichment of air with oxygen: simulation and optimization. *Vestnik Tekhnologicheskogo universiteta* [Journal of Technology University] 2016. vol.19. no. 17. pp.108–114. (in Russian)

4. Ko D., Siriwardane R., Biegler L. Optimization of pressure swing adsorption and fractionated vacuum pressure swing adsorption processes for CO₂ capture. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2005. vol. 44 (21). pp. 8084–8094.

5. Baksh M.S.A., Ackley M.W. Pressure swing adsorption process for the production of hydrogen. Pat. 6340382 USA. 2002.

6. Kirillin V.A., Sychev V.V., Sheindlin A.E. *Tekhnicheskaya termodinamika* [Technical thermodynamics] Moscow, Publishing house MEI, 2008. 496 p. (in Russian).

7. Sumyatskiy Y.I. [Promyshlennye adsorbtsionnye protsessy] Industrial adsorption processes. Moscow, KolosS, 2009. 183p. (in Russian).

8. Keltsev N.V. *Osnovy adsorbtsionnoi tekhnologii* [Basics of adsorption technology] Moscow: Chemistry, 1984. 592 p. (in Russian).

9. Shokroo E., Farsani D., Meymandi H., Yadoliahi N. Comparative study of zeolite 5A and zeolite 13X in air separation by pressure swing adsorption. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 2016. vol. 33 (4), pp. 1391–1401.

10. Reclitis G., Reivindrane A., Regsdaile C. Optimization in engineering. Moscow, World, 1986. 320 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений И. Акулинин к.т.н., доцент, кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, akulinin-2006@yandex.ru

Олег О. Голубятников к.т.н., ассистент, кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, golubyatnikov_ol@mai.ru

Дмитрий С. Дворецкий д.т.н., профессор, кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, dvoretzkiy@tambov.ru

Станислав И. Дворецкий д.т.н., профессор, кафедра «Технологии и оборудование пищевых и химических производств», Тамбовский государственный технический университет, ул. Советская, 106, г. Тамбов, 393200, Россия, sdvoretzkiy@mail.tstu.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgenii I. Akulinin Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technologies and equipment of food and chemical industries” department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, akulinin-2006@yandex.ru

Oleg O. Golubyatnikov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technologies and equipment of food and chemical industries” department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, golubyatnikov_ol@mai.ru

Dmitrii S. Dvoretzkiy Dr. Sci. (Engin.), professor, “Technologies and equipment of food and chemical industries” department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, dvoretzkiy@tambov.ru

Stanislav I. Dvoretzkiy Dr. Sci. (Engin.), professor, Technologies and equipment of food and chemical industries” department, Tambov State Technical University, Sovetskaya str., 106, Tambov, 393200, Russia, sdvoretzkiy@mail.tstu.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 1.3.2018

ACCEPTED 2.4.2018

Разработка системы автоматического управления производственным процессом уваривания утфеля I кристаллизации в вакуум-аппарате

Наталья Л. Клейменова	¹	klesha78@list.ru
Ольга А. Орловцева	¹	starosta1981@inbox.ru
Сергей В. Ершов	¹	yershovletters@mail.ru
Ольга П. Дворянинова	¹	olga-dvor@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Современное развитие пищевой промышленности сопровождается все более широким применением автоматизированных систем управления технологическими процессами. Предпосылками этого являются: рост мощностей предприятия; применение поточных и непрерывных способов производства; оснащение предприятий новым высокопроизводительным оборудованием; наличие современных технологических средств автоматизации. Широкое применение автоматизированных систем управления обуславливается значительным экономическим эффектом, который достигается благодаря: обеспечению заданных качеств вырабатываемых продуктов независимо от субъективных факторов; уменьшению потерь ценных продуктов; снижению трудоемкости процессов производства; повышению культуры производства. Основная задача автоматизированной системы управления – соблюдение технологического регламента, определяющего допустимые диапазоны изменения технологических параметров процесса (температуры, расхода, состава продукта), производительности оборудования, качественных показателей процесса. Кроме того, в задачи управления установками и линиями входят их пуск и останов, аварийная защита и блокировка. Для осуществления задач автоматизированного управления установками и технологическими линиями необходимо постепенно выводить человека-оператора из контура управления и передать функции управления технологическим средствам автоматизации. При этом оператор должен контролировать работу устройств автоматизации и принимать решения в сложных ситуациях. Современное производство сахара – это сложный технологический процесс. Поэтому, обеспечение бесперебойной работы технологической линии, сохранение ее высокой производительности, получение продукта максимального качества является наиболее актуальными задачами в этой области.

Ключевые слова: автоматизация, сахар-песок, кристаллизация, технологический параметр

The development of the automatic control system for the production process of the boiling of the massecuite of the first crystallization in a vacuum apparatus

Natal'ya L. Kleimenova	¹	klesha78@list.ru
Olga A. Orlovtseva	¹	starosta1981@inbox.ru
Sergei V. Ershov	¹	yershovletters@mail.ru
Olga P. Dvoryaninova	¹	olga-dvor@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The modern development of the food industry is accompanied by an ever wider application of automated control systems for technological processes. The prerequisites for this are: the growth of the enterprise's capacities; the use of continuous and continuous production methods; equipment of enterprises with new high-performance equipment; presence of modern technological means of automation. The wide application of automated control systems is caused by a significant economic effect, which is achieved due to: the provision of specified qualities of produced products, regardless of subjective factors; reduction of losses of valuable products; reduction of labor intensity of production processes; increase of production culture. The main task of the automated control system is the observance of the technological regulations determining the permissible ranges of technological process parameters (temperature, flow, product composition), equipment performance, and quality process indicators. In addition, the tasks of controlling installations and lines include their starting and stopping, emergency protection and interlocking. In order to carry out the tasks of automated control of installations and technological lines, it is necessary to gradually remove the human operator from the control loop and transfer the control functions to the technological means of automation. At the same time, the operator must monitor the operation of automation devices and make decisions in complex situations. Modern sugar production is a complex technological process. Therefore, ensuring the uninterrupted operation of the production line, maintaining its high productivity, obtaining a product of the highest quality is the most urgent task in this area.

Keywords: automation, sugar, crystallization, technological parameter

Для цитирования

Клейменова Н.Л., Орловцева О.А., Ершов С.В., Дворянинова О.П. Разработка системы автоматического управления производственным процессом уваривания утфеля I кристаллизации в вакуум-аппарате // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 101–107. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-101-107

For citation

Kleimenova N.L., Orlovtseva O.A., Ershov S.V., Dvoryaninova F.S. The development of the automatic control system for the production process of the boiling of the massecuite of the first crystallization in a vacuum apparatus. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 101–107. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-101-107

Введение

Контроль качества производства сахара-песка проходит на всех стадия приготовления при помощи автоматизации оборудования [1].

Автоматизация технологического процесса позволяет оптимизировать технологический процесс, полностью или в большей степени исключить ручной труд и участие человека, значительно снизить затраты на ремонт и обслуживание оборудования [3, 4]. Для точного соблюдения технологических параметров на всей производственной линии необходима автоматизация производства и широкое внедрение автоматизированных систем управления (АСУ).

Наиболее перспективной является ориентация на использование микропроцессорной техники с использованием цифрового способа преобразования, обработки и хранения информации [6, 7–13].

При проектировании автоматизации технологического процесса производства диффузионного сока при производстве сахара-песка следует предусматривать стабилизацию параметров процесса получения диффузионного сока: температуры, расхода воды, pH диффузионного сока [2].

Основной причиной, вызывающей возникновение несоответствий по показателю выход белого сахара на ОАО «Садовский сахарный завод», является отсутствие системы управления процессом кристаллизации в вакуум-аппарате I продукта А2-ПВ2-Е-60М. Автоматизация процесса уваривания утфеля I позволит сократить расход пара и уменьшить время варки, увеличить выход сахара [1, 2].

Результаты и обсуждение

Проанализировав технологический процесс производства сахара песка на стадии кристаллизации сахарозы, произведен выбор контролируемых параметров [2], представленный в таблице 1.

Таблица 1.

Измеряемые, контролируемые и регулируемые параметры процесса

Table 1.

Measured, controlled and regulated process parameters

Наименование Name	Регламентированные значения Regulated value		Аварийные значения Alarm value	
	нижнее lower	верхнее high	нижнее lower	верхнее high
Уровень в вакуум-аппарате, м The level in the vacuum apparatus, m	1,2	2,5	0,5	3,0
Температура утфеля I в вакуум-аппарате, °C The temperature of the massecuite I in the vacuum apparatus, °C	70	76	65	80
Разрежение в вакуум-аппарате, МПа Underpressure in the vacuum apparatus, MPa	0,02	0,34	0,01	0,40
Вязкость утфеля I, Па·с Viscosity of the massecuite I, Pa·s	10	60	5	70
Удельная электропроводность утфеля I, мкСм/см Specific electrical conductivity of the massecuite I, mcS/cm	50	100	40	110

Контроль и управление температурой в контуре I осуществляется следующим образом: унифицированный электрический сигнал 0–5 мА с термопреобразователя ТСМУ Метран-274 (позиция 1а) поступает на вторичный прибор Диск-250 (позиция 1б), который осуществляет регистрацию измеряемого параметра (рисунок 1).

Одновременно с этим сигнал с датчика температуры ТСМУ Метран-274 поступает на вход № 1 блока аналогового ввода АЕУ1600 контроллера TSX PREMIUM и блок процессора P57203M, где происходит обработка сигнала и его сравнение с регламентируемыми значениями параметра. При этом сигнал подается по сети Ethernet на рабочую станцию SIMATIC Box PC 840, где регистрируется контроллером НЖМД ST 506/412, контролируется на дисплее DS 36М,

а также меняется задание системы управления с помощью клавиатуры MB 167 RS/A.

Управляющее воздействие формируется с помощью процессора P57203 промышленного микроконтроллера TSX PREMIUM и выдается с выхода № 1 блока аналогового вывода АЕУ1600 на электропневматический преобразователь ЭП-1324 (позиция 1в), осуществляющий преобразование токового унифицированного сигнала 0–5 мА в пневматический унифицированный сигнал 20–100 кПа, который подается на мембранный исполнительный механизм регулирующего клапана 25ч38нж (позиция 1г), установленный на линии подачи сиропа в вакуум-аппарат А2-ПВ2-Е-60М через переключатель пневматических цепей P10А (позиция SA1), осуществляющий выбор режима управления.

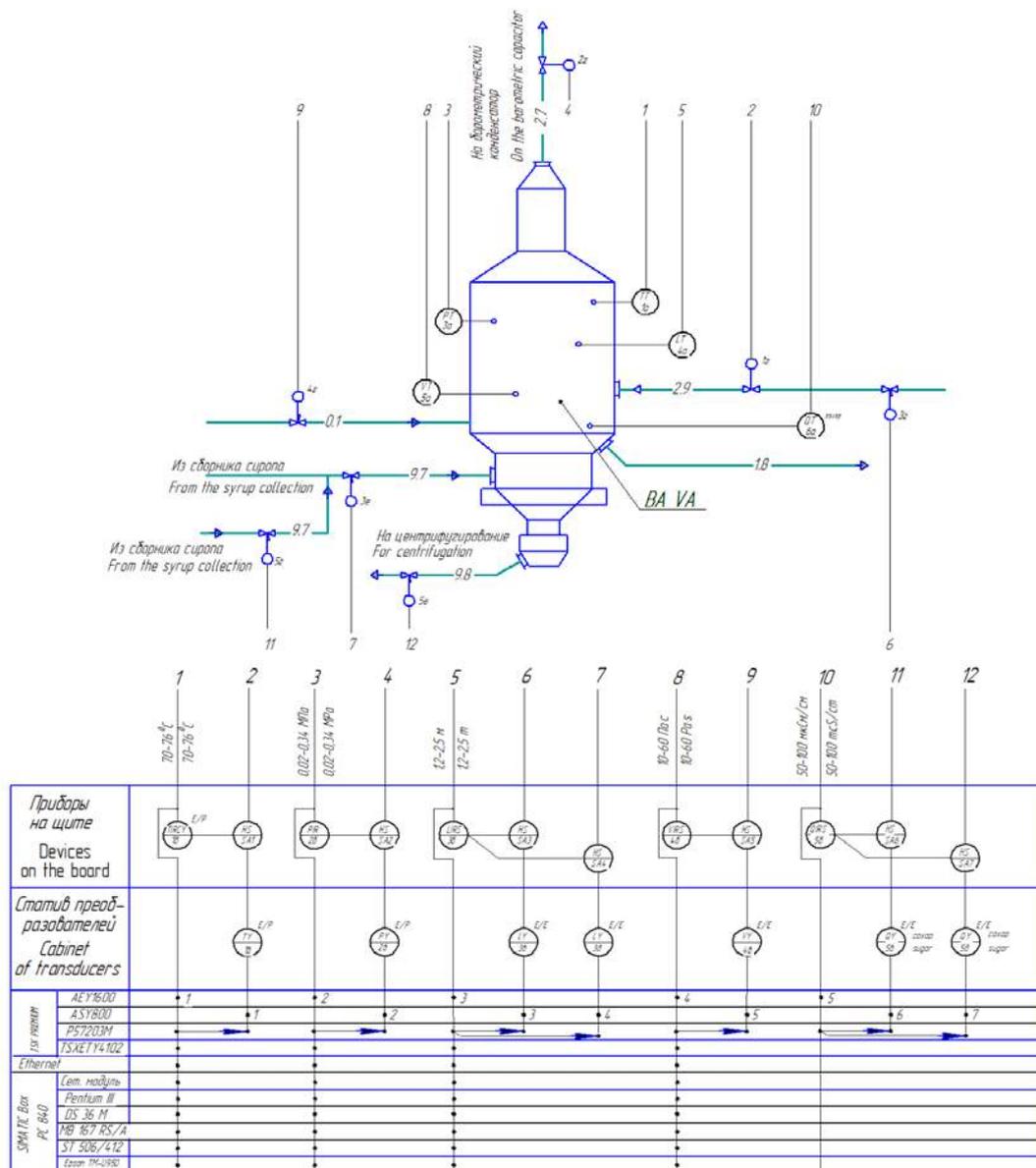


Рисунок 1. Функциональная схема автоматизации вакуум-аппарата периодического действия А2-ПВ2-Е-60М
Figure 1. Functional diagram of automation of a vacuum device of periodic action A2-PV2-E-60M

Управление давлением-разрежением в контуре 2 осуществляется следующим образом: унифицированный электрический сигнал 0–5 мА с преобразователя давления-разрежения Метран-100ДИВ (позиция 2а) поступает на вторичный прибор А100 (позиция 2б), который осуществляет регистрацию измеряемого параметра.

Одновременно с этим сигнал датчика давления-разрежения Метран-100ДИВ поступает на вход № 2 блока аналогового ввода АЕУ1600 контроллера TSX PREMIUM и блок процессора P57203M, где происходит обработка сигнала и его сравнение с регламентируемыми значениями параметра. При этом сигнал подается по сети Ethernet на рабочую станцию SIMATIC Box PC 840, где регистрируется контроллером НЖМД ST 506/412, контролируется на дисплее DS 36 M, а также меняется задание системы управления с помощью клавиатуры MB 167 RS/A.

Управляющее воздействие формируется с помощью процессора P57203 промышленного микроконтроллера TSX PREMIUM и выдается с выхода № 2 блока аналогового вывода АЕУ1600 на электропневматический преобразователь ЭП-1324 (позиция 2в), осуществляющий преобразование токового унифицированного сигнала 0–5 мА в пневматический унифицированный сигнал 20–100 кПа, который подается на мембранный исполнительный механизм регулирующего клапана 25ч38нж (позиция 2г), установленный на линии отвода конденсата через переключатель пневматических цепей P10A (позиция SA2), осуществляющий выбор режима управления.

Управление уровнем в контуре 3 осуществляется следующим образом: унифицированный электрический сигнал 0–5 мА с радарного уровнемера Rosemount 5600 (позиция 3а) поступает на вторичный регистрирующий прибор

Альфалог 100М (позиция 3б) и далее на вход № 3 блока аналогового ввода АЕУ1600 контроллера TSX PREMIUM и блок процессора P57203М, где происходит обработка сигнала и его сравнение с регламентируемыми значениями параметра. При этом сигнал подается по сети Ethernet на рабочую станцию SIMATIC Box PC 840, где регистрируется контроллером НЖМД ST 506/412, контролируется на дисплее DS 36 М, а также меняется задание системы управления с помощью клавиатуры MB 167 RS/A.

Управляющее воздействие формируется с помощью процессора P57203 промышленного микроконтроллера TSX PREMIUM и выдается с выхода №3 блока аналогового вывода АЕУ1600 на усилитель электрического сигнала УЭ-1329 (позиция 3в), осуществляющий преобразование токового унифицированного сигнала 0–5 мА в потенциальный сигнал 220 В, который подается на исполнительный механизм электромагнитного клапана КО 50 (позиция 3г), установленный на линии подачи греющего пара через универсальный переключатель УП-5200 (позиция SA3), осуществляющий выбор режима управления.

Одновременно с этим формируется управляющее воздействие с помощью процессора P57203 промышленного микроконтроллера TSX PREMIUM и выдается с выхода № 4 блока аналогового вывода АЕУ1600 на усилитель электрического сигнала УЭ-1329 (позиция 3д), осуществляющий преобразование токового унифицированного сигнала 0 – 5 мА в потенциальный сигнал 220 В, который подается на исполнительный механизм электромагнитного клапана КО 50 (позиция 3е), установленный на линии подачи сиропа в вакуум-аппарат А2-ПВ2-Е-60М через универсальный переключатель УП-5200 (позиция SA4), осуществляющий выбор режима управления.

Контроль и управление значением вязкости в контуре 4 осуществляется следующим образом: унифицированный электрический сигнал 4–20 мА с ротационного вискозиметра РДВ-03 (позиция 4а) поступает на вторичный прибор НВП-03 (позиция 4б), который осуществляет регистрацию измеряемого параметра.

Одновременно с этим сигнал датчика вискозиметра РДВ-03 поступает на вход №4 блока аналогового ввода АЕУ1600 контроллера TSX PREMIUM и блок процессора P57203М, где происходит обработка сигнала и его сравнение с регламентируемыми значениями параметра. При этом сигнал подается по сети Ethernet на рабочую станцию SIMATIC Box PC 840, где регистрируется контроллером НЖМД ST 506/412, контролируется на дисплее DS 36М, а также меняется задание системы управления с помощью клавиатуры MB 167 RS/A.

Управляющее воздействие в контуре 4 формируется с помощью процессора P57203

промышленного микроконтроллера TSX PREMIUM и выдается с выхода № 5 блока аналогового вывода АЕУ1600 на усилитель электрического сигнала УЭ-1329 (позиция 4в), осуществляющий преобразование токового унифицированного сигнала 0 – 5 мА в потенциальный сигнал 220 В, который подается на исполнительный механизм электромагнитного клапана КО 50 (позиция 4г), установленный на линии подачи затравочной пасты универсальный переключатель УП-5200 (позиция SA5), осуществляющий выбор режима управления.

Управление удельной электропроводимостью в контуре 5 осуществляется следующим образом: унифицированный электрический сигнал 4–20 мА с кондуктометра КС-1М-1 (позиция 5а) поступает на вторичный прибор НПЭ-04 (позиция 5б), который осуществляет регистрацию измеряемого параметра, а также вырабатывает управляющее воздействие в виде электрического сигнала, подаваемого на исполнительное устройство электромагнитного клапана КО 50 (позиция 5г), установленный на линии подачи сиропа в вакуум-аппарат А2-ПВ2-Е-60М через универсальный переключатель УП-5200 (позиция SA6), осуществляющий выбор режима управления.

Одновременно с этим сигнал с датчика удельной электропроводимости КС-1М-1 поступает на вход № 5 блока аналогового ввода АЕУ1600 контроллера TSX PREMIUM и блок процессора P57203, где происходит обработка сигнала и его сравнение с регламентируемыми значениями параметра. При этом сигнал подается по сети Ethernet на рабочую станцию SIMATIC Box PC 840, где регистрируется контроллером НЖМД ST 506/412, контролируется на дисплее DS 36 М, а также меняется задание системы управления с помощью клавиатуры MB 167 RS/A.

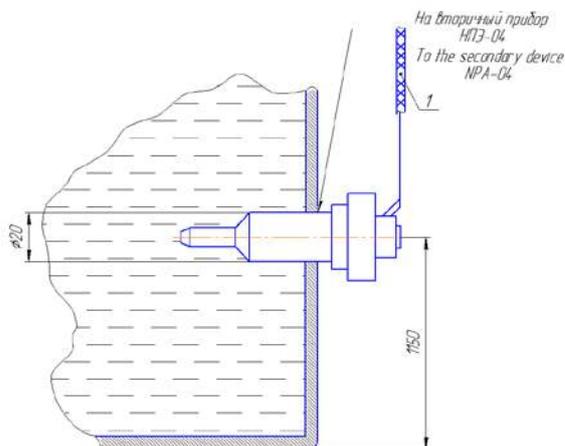
Управляющее воздействие формируется с помощью процессора P57203 промышленного микроконтроллера TSX PREMIUM и выдается с выхода №7 блока аналогового вывода АЕУ1600 на усилитель электрического сигнала УЭ-1329 (позиция 5д), осуществляющий преобразование токового унифицированного сигнала 0–5 мА в потенциальный сигнал 220 В, который подается на исполнительный механизм электромагнитного клапана КО 50 (позиция 5е), установленный на линии отвода утфеля I кристаллизации из вакуум-аппарат А2-ПВ2-Е-60М через универсальный переключатель УП-5200 (позиция SA7), осуществляющий выбор режима управления

Таким образом, предложен один из вариантов автоматизированного управления процессом уваривания утфеля I кристаллизации в вакуум-аппарате А2-ПВ2-Е-60М при производстве сахара-песка на ОАО «Садовский сахарный завод».

Проанализировав технологический процесс, был произведен выбор параметров, подлежащих контролю, регистрации и управлению, разработана функциональная схема автоматизации, подобраны датчики и вторичные приборы [2, 5].

Так как основным параметром процесса кристаллизации является коэффициент прессыщения,

который определяется косвенными методами: вискозиметрическим и кондуктометрическим, предложены электронный кондуктометр КС-1М-1 (рисунок 2) и ротационный вискозиметр РДВ-03 (рисунок 3).

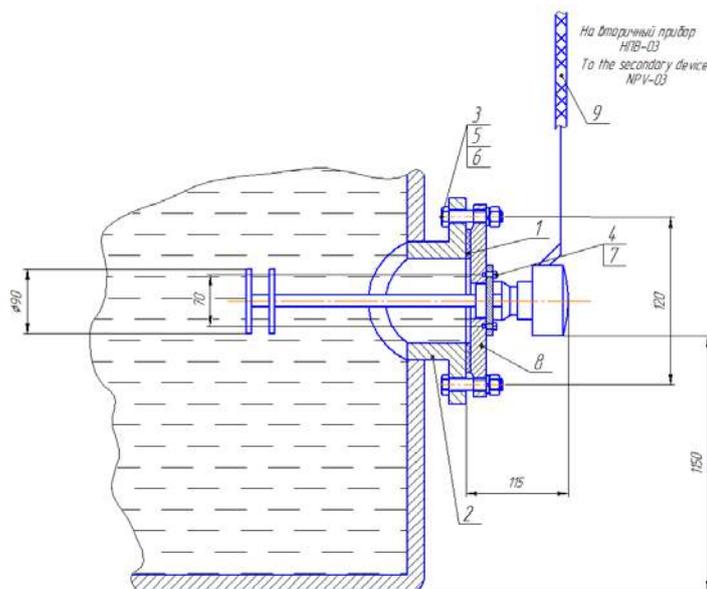


Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
1		Материалы		
		Кабель экранированный ТУ 16-53264-81	1	30 м

Item	Designation	Name	Quant	Remark
		Materials		
1		Shielded cable TU 16-53264-81	1	30 m

Рисунок 2. Монтажный чертеж электронного кондуктометра КС-1М-1

Figure 2. Mounting drawing of the electronic conductometer KS-1M-1



Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примеч.
		Детали		
1		Поклейка		
2		Штуцер		
		Стандартные изделия		
3		Болт М16×80 ГОСТ 7805-70	4	
4		Винт М12 ГОСТ 1481-84	4	
5		Гайка М16×80 ГОСТ 5915-70	4	
6		Шайба М16 ГОСТ 6402-70	4	
7		Шайба М12 ГОСТ 6402-70	4	
8		Фланцы ГОСТ 12822-81	1	
		Материалы		
9		Кабель экранированный ТУ 16-53264-81	1	50 м

Item	Designation	Name	Quant	Remark
		Details		
1		Spacer		
2		Choke		
		Standard wares		
3		Bolt M16x80 GOST 7805-70	4	
4		Screw M12 GOST 1481-84	4	
5		Female screw M16x80 GOST 5915-70	4	
6		Shim M16 GOST 6402-70	4	
7		Shim M12 GOST 6402-70	4	
8		Flange GOST 12822-81	1	
		Materials		
9		Shielded cable TU 16-53264-81	1	50 m

Рисунок 3. Монтажный чертеж ротационного вискозиметра РДВ-03

Figure 3. Mounting drawing of the rotary viscosimeter RDV-03

Также предложена монтажная схема соединения ротационного вискозиметра РДВ-03 кондуктометра КС-1М-1 с вакуум-аппаратом А2-ПВ2-Е-60М.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Харченко С.В. Автоматизированная информационная система на предприятиях сахарных компаний как средство получения аналитической, учетной информации и контроля // Успехи современной науки. 2016. № 9. Т. 2. С. 149–151.
- 2 Канавалов И.А., Уваров С.Г., Третьянов А.А. Современные технологии процесса получения диффузионного сока в свеклосахарном производстве // Тенденции развития науки и образования. 2017. № 26–1. С. 42–43.
- 3 Хлебениких Л.В., Зубкова М.А., Саукова Т.Ю. Автоматизация производства в современном мире // Молодой ученый. 2017. № 16. С. 308–311.
- 4 Итскович Э.Л. Проведение работ по автоматизации производства: метод объективного выбора системы автоматизации для конкретного технологического агрегата // Автоматизация в промышленности. 2017. № 9. С. 5–10.
- 5 Ицкович Э.Л. Проведение работ по автоматизации производства: роль инжиниринга в автоматизации технологического процесса // Автоматизация в промышленности. 2017. № 8. С. 3–7.
- 6 Харазов В.Г. Обзор современных средств автоматизации на выставках «Автоматизация 2013» и «Промышленная электроника 2013» // Автоматизация в промышленности. 2013. № 12. С. 64–67.
- 7 Моторин Ю., Моллов И. Курс на автоматизацию и оптимизацию производственных процессов // Молочная промышленность. 2013. № 8. С. 16–17.
- 8 Rukkumani V., Khavya S., Madhumithra S., Nandhini Devi B. Chemical process control in sugar manufacturing unit // International Journal of Advances in Engineering and Technology. 2014. № 6. P. 2732–2738.
- 9 Pastukhov A. Automatic control and maintaining of cooling process of bakery products // Agronomy Research. 2015. № 13 (4). P. 1031–1039.
- 10 Singerman D.R. The limits of chemical control in the caribbean sugar factory // Radical history review. 2017. № 127. P. 39–61.
- 11 Smutka L., Zhuravleva E., Benešová I., Maitah M., Pulkrábek J. Russian federation - sugar beet and sugar production // Listy cukrovarnické a reparské. 2015. № 2 (131). P. 72–77.
- 12 Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Rychkov D.A. Automation tool preparation in the conditions of production // Applied mechanics and materials. 2015. № 770. P. 739–743.
- 13 Бредихин А.С., Червецов В.В. Гидродинамика процесса охлаждения молочной сыворотки при поточной кристаллизации лактозы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. №3. С. 36–40.

Заключение

Разработанная схема автоматического управления производственным процессом кристаллизации при производстве сахара позволит обеспечить его параметры на уровне, нормируемом технологическими документами для получения высококачественной продукции.

REFERENCES

- 1 Kharchenko S.V. Automated information system at the enterprises of sugar companies as a means of obtaining analytical, accounting information and control. *Uspekhi sovremennoi nauki* [Successes of modern science] 2016. no. 9. vol. 2. pp. 149–151. (in Russian)
- 2 Kanavalov I.A., Uvarov S.G., Tretyanov A.A. Modern technologies of the process of obtaining diffusion juice in sugar beet production. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya* [Trends in the development of science and education] 2017. no. 26–1. pp. 42–43. (in Russian)
- 3 Khlebenskikh LV, Zubkova MA, Saukova T. Yu. Automation of production in the modern world. *Molodoi uchenyi* [Young Scientist] 2017. no. 16. pp. 308–311. (in Russian)
- 4 Itskovich E.L. Carrying out work on the automation of production: the method of objective selection of the automation system for a particular process unit. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in industry] 2017. no. 9. pp. 5–10. (in Russian)
- 5 Itskovich E.L. Work on automation of production: the role of engineering in the automation of the technological process. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in industry] 2017. no. 8. pp. 3–7. (in Russian)
- 6 Kharazov V.G. The review of modern means of automation at the exhibitions "Automation 2013" and "Industrial Electronics 2013". *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in industry] 2013. no. 12. pp. 64–67. (in Russian)
- 7 Motorin Yu., Mollov I. A course on automation and optimization of production processes. *Molochnaya promyshlennost'* [Dairy industry] 2013. no. 8. pp. 16–17. (in Russian)
- 8 Rukkumani V., Khavya S., Madhumithra S., Nandhini Devi B. Chemical process control in sugar manufacturing unit. *International Journal of Advances in Engineering and Technology*. 2014 no. 6. pp. 2732–2738.
- 9 Pastukhov A. Automatic control and maintaining of cooling process of bakery products. *Agronomy Research*. 2015. no. 13 (4). pp. 1031–1039
- 10 Singerman D.R. The limits of chemical control in the caribbean sugar factory. *Radical history review*. 2017. no. 127. pp. 39–61.
- 11 Smutka L., Zhuravleva E., Benešová I., Maitah M., Pulkrábek J. Russian federation - sugar beet and sugar production. *Listy cukrovarnické a reparské*. 2015. no. 2 (131). pp. 72–77.
- 12 Yanyushkin A.S., Lobanov D.V., Rychkov D.A. Automation tool preparation in the conditions of production. *Applied mechanics and materials*. 2015. no. 770. pp. 739–743.
- 13 Bredihin A.S., Chervetsov V.V. Hydrodynamics of cooling whey at flow lactose crystallization. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2013. no. 3. pp. 36–40. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья Л. Клейменова к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, klesha78@list.ru

Ольга А. Орловцева к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, starosta1981@inbox.ru

Сергей В. Ершов к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yershovletters@mail.ru

Ольга П. Дворянинова д.т.н., профессор, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, olga-dvor@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья Л. Клейменова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат

Ольга А. Орловцева обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Сергей В. Ершов консультация в ходе исследования

Ольга П. Дворянинова общее руководство

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 06.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 09.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natal'ya L. Kleimenova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, klesha78@list.ru

Olga A. Orlovtseva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, starosta1981@inbox.ru

Sergei V. Ershov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, yershovletters@mail.ru

Olga P. Dvoryaninova Dr. Sci. (Chem.), professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, olga-dvor@yandex.ru

CONTRIBUTION

Natal'ya L. Kleimenova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Olga A. Orlovtseva review of the literature on an investigated problem

Sergei V. Ershov consultation during the study

Olga P. Dvoryaninova general leadership

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.6.2018

ACCEPTED 4.9.2018

Моделирование формирования кластерных групп углерода в плазме электродугового разряда

Александр Н. Гаврилов¹ ganinvrn@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Проблема моделирования сложных ресурсоемких процессов плазменного синтеза углеродных наноструктур (УНС) на базе математических и численных методов решения, ориентированных на использование параллельных и распределенных вычислений для обработки больших объемов данных, позволяющих исследовать связи и характеристики процессов для получения эффективного, экономически целесообразного метода синтеза УНС (фуллеренов, нанотрубок), является актуальной теоретической и практической проблемой. В данной статье рассматривается задача математического моделирования движения и взаимодействия заряженных частиц в многокомпонентной плазме на основе уравнения Больцмана применительно для синтеза УНС методом термической возгонки графита. Представлен вывод интеграла столкновений позволяющий выполнять численное решение системы уравнений Больцмана - Максвелла применительно к электродуговому синтезу УНС. Высокий порядок частиц и количество их взаимодействий участвующих одновременно в процессе синтеза УНС требует значительных затрат машинных ресурсов и времени для выполнения численных расчетов по построенной модели. Применение метода крупных частиц дает возможность снизить объем вычислений и требования к аппаратным ресурсам, не влияя на точность численных расчетов. Использование технологии параллельных вычислений на CPU и GPU с применением технологии Nvidia CUDA позволяет организовать все вычисления общего назначения для разработанной модели на базе графического процессора видеокарты персонального компьютера, без использования суперЭВМ или вычислительных кластеров. Представлены результаты экспериментальных исследований и численных расчетов, подтверждающих адекватность разработанной модели. Получены количественные характеристики общих парных взаимодействий частиц углерода и взаимодействий с образованием кластерных групп углерода с различными типами связей в плазме межэлектродного пространства составляющих основу синтезируемых наноструктур. Образование кластеров углерода происходит во всем межэлектродном пространстве плазмы с различной интенсивностью и зависит от параметров процесса.

Ключевые слова: углеродные наноструктуры, плазма, уравнение Больцмана, кластеры углерода, численное решение

Modeling of formation of carbon cluster groups in electric arc discharge plasma

Alexksandr N. Gavrilov¹ ganinvrn@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The problem of modeling complex resource-intensive processes of plasma synthesis of carbon nanostructures (CNS) on the basis of mathematical and numerical methods of solution, focused on the use of parallel and distributed computing for processing large amounts of data, allowing to investigate the relationship and characteristics of processes to obtain an effective, cost-effective method of synthesis of CNS (fullerenes, nanotubes), is an actual theoretical and practical problem. This article deals with the problem of mathematical modeling of motion and interaction of charged particles in a multicomponent plasma based on the Boltzmann equation for the synthesis of CNS by thermal sublimation of graphite. The derivation of the collision integral is presented allowing to perform a numerical solution of the Boltzmann - Maxwell equations system with respect to the arc synthesis of CNS. The high order of particles and the number of their interactions involved simultaneously in the process of synthesis of CNS requires significant costs of machine resources and time to perform numerical calculations on the constructed model. Application of the large particle method makes it possible to reduce the amount of computing and hardware requirements without affecting the accuracy of numerical calculations. The use of parallel computing technology on the CPU and GPU with the use of Nvidia CUDA technology allows you to organize all the General-purpose calculations for the developed model based on the graphics processor of the personal computer graphics card, without the use of supercomputers or computing clusters. The results of experimental studies and numerical calculations confirming the adequacy of the developed model are presented. Obtained quantitative characteristics of the total pairwise interactions between the carbon particles and interactions with the formation of clusters of carbon with various types of ties in the plasma of the interelectrode space which are the basis of the synthesized nanostructures. The formation of carbon clusters occurs in the entire interelectrode space of the plasma with different intensity and depends on the process parameters.

Keywords: carbon nanostructures, plasma, Boltzmann equation, carbon clusters, numerical solution

Введение

Получение углеродных наноструктур (УНС) обладающих уникальными механическими и электрическими свойствами, является перспективных направлений развития современной науки. Использование их, например, в качестве добавок в полимерные смолы, позволяет создавать полимерные нанокомпозиты, обладающие новым или улучшенным комплексом свойств [1].

Промышленное производство УНС (фуллеренов, нанотрубок, нановолокон) сдерживает низкая производительность и высокая стоимость существующих технологий синтеза, обусловленные недостаточностью изученности особенностей процесса их образования.

На сегодняшний момент нет единого мнения о модели формирования УНС.

Понимание механизма образования кластерных групп углерода формирующих объемные УНС позволит исследователям целенаправленно создавать и варьировать способами и условиями получения различных типов наноструктур и их производных, что позволит значительно повысить эффективность существующих технологий синтеза.

В основном применяемые в промышленности технологии синтеза УНС предполагают использование различных методов термического испарения атомарного графита энергетическим потоком или разложение углеродосодержащих газов с последующим осаждением формируемых

Для цитирования

Гаврилов А.Н. Моделирование формирования кластерных групп углерода в плазме электродугового разряда // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 108–113. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-108-113

For citation

Gavrilov A.N. Modeling of formation of carbon cluster groups in electric arc discharge plasma. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 108–113. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-108-113

структур на охлаждаемую поверхность [2]. Во всех технологиях происходит термическое разрушение структуры исходного материала с последующим образованием и ростом многоатомных кластеров углерода с различными типами связей, которые и формируют объемные УНС.

Одним из наиболее распространенных методов синтеза УНС является метод термического испарения графита плазмой дугового разряда в среде буферного газа [3]. Данный метод позволяет вовлекать в технологический процесс значительные объемы сырья и отличается высокой скоростью протекания и качеством конечного продукта.

Изучение отдельных физико-химических процессов, протекающих при горении дуги, охватывает исследование электрических, тепловых, диффузионных, газодинамических и плазменных явлений. Каждое из этих явлений достаточно подробно изучено и описано, однако в реальном процессе дугового синтеза УНС происходит одновременно множество взаимодействующих явлений с определенными особенностями, разделить которые зачастую невозможно, поэтому использовать существующие математические модели для описания движения и взаимодействия частиц в плазме невозможно.

Для описания поведения низкотемпературной плазмы существует также разные подходы к её математическому моделированию: одночастичное приближение, метод молекулярной динамики, магнитогидродинамическое, кинетическое описание, метод Монте-Карло, шредингеровские модели [4]. Перечисленные подходы отличаются степенью детализации компонентов плазмы, вычислительными затратами и возможностью учета необходимых особенностей рассматриваемого процесса.

Наибольший интерес для моделирования динамики плазмы применительно к электродуговому синтезу, представляют инструментальные средства кинетической теории на основе уравнения Больцмана. Использование функций распределения заряженных частиц по координатам и импульсам позволяет учитывать разнообразие происходящих процессов в плазме и снизить вычислительную сложность моделирования.

1.1 Постановка задачи

Целью данной работы является разработка математической модели процессов синтеза различных УНС в плазме электродугового разряда, позволяющей описывать механизм образования и рост углеродных кластерных групп с различными типами связей (C-C, C=C (C₂) и C=C-C (C₃)), которые являются основой построения объемных наноструктур. При этом необходимо учитывать все основные факторы

процессов синтеза, влияющих на движение и столкновения частиц в межэлектродном пространстве. В модели должны учитываться парные упругие и неупругие столкновения различных частиц многокомпонентной плазмы.

1.1.1 Математическая модель движения и взаимодействия частиц в плазме

В основу предлагаемой математической модели описывающей движения частиц многокомпонентной плазме с учетом взаимодействий между ними, положена система уравнений Больцмана [5] для каждого вида частиц, дополненная условием парных столкновений между частицами:

$$\frac{\partial f_\alpha}{\partial t} + \vec{g} \frac{\partial f_\alpha}{\partial \vec{r}} - \frac{q_\alpha}{m_\alpha} (\vec{E} + \frac{1}{c} [\vec{g}, \vec{B}]) \frac{\partial f_\alpha}{\partial \vec{g}} = \frac{\partial f_\alpha}{\partial t} \Big|_{CT}, \quad (1)$$

где f_α, f'_α – функции распределения компонент плазмы до и после столкновения (α : e – электрон, h – ион буферного газа (He), c – ион углерода); \vec{r} – координаты частицы; q_α, m_α – заряд и масса частицы.

Допуская, что столкновения в плазме дугового разряда происходят между электронами, ионами буферного газа и частицами углерода интегралы парных столкновений запишутся в виде:

$$\frac{\partial f_\alpha}{\partial t} \Big|_{CT} = \sum_{\beta=e,c,hV} \iint (f'_\alpha f'_\beta - f_\alpha f_\beta) |\vec{g} - \vec{g}'| d\sigma d\vec{g}', \quad (2)$$

где \vec{g}, \vec{g}' – скорости частиц до и после столкновения; $d\sigma = 4R_1 R_2 \cos \theta d\Omega$ – дифференциальное эффективное сечение рассеяния частиц R_1 и R_2 в телесный угол $d\Omega$; θ – угол между скоростью сталкивающихся частиц и линией движения.

Система уравнения (1) с целью нахождения параметров электромагнитного поля дополняется системой уравнений Максвелла описывающих самосогласованное поле [6].

В качестве функции описывающей распределение частиц по скоростям в плазме, задается распределение Максвелла. Начальные и граничные условия представлены в работе [7].

Использование в уравнении (1) интеграла столкновений (2) вызывает значительные сложности в явном решении данной задачи. Поэтому интеграл столкновений (2) можно представить в виде уравнения Фоккера–Планка, записанного для рассматриваемого примера в виде:

$$\frac{\partial f_\alpha}{\partial t} \Big|_{CT} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial g_r \partial g_v} (f_\alpha \langle \Delta \partial g_r \Delta \partial g_v \rangle_\alpha) - \frac{\partial}{\partial g_r} (f_\alpha \langle \Delta \partial g_r \rangle_\alpha), \quad (3)$$

где $\partial g_r, \partial g_v$ – компоненты скорости частиц в декартовых координатах.

При расчете средних значений прироста в единицу времени компонент скорости α частицы $\langle \Delta \partial \mathcal{G}_r \rangle$ и $\langle \Delta \partial \mathcal{G}_r \Delta \partial \mathcal{G}_v \rangle$ делается предположение, что изменения в скорости есть результат взаимодействий двух частиц, их столкновений, во время которых пространственные корреляционные эффекты не имеют значения. Поэтому выражения для $\langle \Delta \partial \mathcal{G}_r \rangle$ и $\langle \Delta \partial \mathcal{G}_r \Delta \partial \mathcal{G}_v \rangle$ можно представить в виде:

$$\langle \Delta \partial \mathcal{G}_r \rangle_\alpha = \sum_{k=e,c,h} \int f_b(\mathcal{G}'_r) d\mathcal{G}'_r \int \sigma(u, \Omega) u \Delta \mathcal{G}_r d\Omega, \quad (4)$$

$$\langle \Delta \partial \mathcal{G}_r \Delta \partial \mathcal{G}_v \rangle_\alpha = \sum_{k=e,c,h} \int f_b(\mathcal{G}'_r) d\mathcal{G}'_r \int \sigma(u) u \Delta \mathcal{G}_r \Delta \partial \mathcal{G}_v d\Omega,$$

где $u = |\mathcal{G}'_r - \mathcal{G}_r|$; $\mathcal{G}_r, \mathcal{G}'_r$ – скорости частиц до и после столкновения.

Переход к декартовой системе координат с единичными векторами, позволяет вычислить изменения относительной скорости в локальной системе для всех столкновений с помощью интегрирования по углам рассеяния.

Пренебрегая слабой зависимостью от u , получаем:

$$\langle \Delta \partial \mathcal{G}_r \rangle_\alpha = \sum_{b=e,i,h} \int f_b(\mathcal{G}'_r) \{ \Delta \mathcal{G}_r \}_\alpha d\mathcal{G}'_r = \Gamma_\alpha \left(\frac{\partial h_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r} \right), \quad (5)$$

$$\langle \Delta \partial \mathcal{G}_r \Delta \partial \mathcal{G}_v \rangle_\alpha = \Gamma_\alpha \left(\frac{\partial^2 g_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r \partial \mathcal{G}_v} \right),$$

где Z – коэффициент кратности заряда; Γ_α – коэффициент связанности.

Подставляя в уравнение (3) уравнения (5) получаем уравнение Фоккера-Планка для произвольной функции распределения компонент плазмы α :

$$\frac{1}{\Gamma_\alpha} \left(\frac{\partial f_\alpha}{\partial t} \right)_{CT} = \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial \mathcal{G}_r \partial \mathcal{G}_v} \left(f_\alpha \frac{\partial^2 g_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r \partial \mathcal{G}_v} \right) - \frac{\partial}{\partial \mathcal{G}_r} \left(f_\alpha \frac{\partial h_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r} \right), \quad (6)$$

$$h_\alpha = \sum_b \frac{m_a + m_b}{m_b} \left(\frac{Z_b}{Z_\alpha} \right) \int \frac{f_b}{|\mathcal{G}_\alpha - \mathcal{G}'_\alpha|} d\mathcal{G}'_\alpha,$$

$$g_\alpha = \sum_b \int f_b |\mathcal{G}_\alpha - \mathcal{G}'_\alpha| d\mathcal{G}'_\alpha,$$

где m_a, m_b – массы двух сталкивающихся частиц a и b .

Уравнение (6) можно записать в виде тензоров. Расписывая ковариантные тензорные производные и опуская промежуточные преобразования перехода к декартовой системе координат получим конечное уравнение интеграла столкновений в безразмерном виде:

$$\left(\frac{\partial \hat{f}_\alpha}{\partial t} \right)_{CT} = K_\alpha \left\{ \frac{1}{2} G_\alpha \frac{\partial^2 \hat{f}_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r^2} + \tilde{C}_\alpha \frac{\partial \hat{f}_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r} + \tilde{R}_\alpha \right\} \quad (7)$$

где $G_\alpha, C_\alpha, R_\alpha$ – матрицы безразмерных коэффициентов размерностью (3×1) ; K_α – параметрический коэффициент.

Итоговая система уравнений (1) описывающих кинетику движения заряженных частиц в трехкомпонентной плазме дугового разряда с учетом интеграла столкновений (7) в безразмерном виде примет вид:

$$\frac{\hat{f}_\alpha}{\partial \hat{t}} + \sqrt{\delta_\alpha} \left\{ \hat{g}_r \frac{\partial \hat{f}_\alpha}{\partial r} + \frac{Z_\alpha}{2 \varepsilon_\alpha} \hat{E}_r \frac{\partial \hat{f}_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r} \right\} = K_\alpha \left\{ \frac{1}{2} G_\alpha \frac{\partial^2 \hat{f}_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r^2} + \tilde{C}_\alpha \frac{\partial \hat{f}_\alpha}{\partial \mathcal{G}_r} + \tilde{R}_\alpha \right\}, \quad (8)$$

где $\delta_\alpha, \varepsilon_\alpha$ – безразмерные коэффициенты.

Используя метод расщепления, конечная система уравнений разбивается на две вспомогательных задачи: одна определяет перенос частиц, вторая столкновение заряженных частиц, которые решаются последовательно.

Наличие большого количества частиц ($10^{15} \div 10^{17}$ штук) каждой компоненты плазмы, участвующих в расчете на каждом временном шаге, вызывает необходимость использования для численного решения системы уравнений Больцмана-Максвелла метода «крупных частиц» [8], позволяющего снизить объем вычислений и требования к компьютерным ресурсам, за счет уменьшения количества однотипных частиц в расчете, путем их группировки до обоснованного уровня в макрочастицы не влияющей на точность расчетов.

Для выполнения численных расчетов по построенной модели, была использована технологий параллельных вычислений на CPU и GPU [9]. Использование технологии GPU позволило выполнить вычисления неспециализированных потоков на аппаратно-программном комплексе CUDA (Compute Unified Device Architecture) с применением технологии nVidia CUDA [10]. Данная технология позволяет использовать графические процессоры для вычислений общего назначения на одном ПК, что значительно повышает эффективность обработки больших объемов данных без использования суперЭВМ или вычислительных кластеров.

Для решения задачи поиска столкновений частиц был разработан специальный алгоритм, заключающийся в проверке факта пересечения траекторий объектов в пространстве.

1.2 Результаты исследований

В процессе моделирования определялись зоны и состояния удовлетворяющее пространственным и энергетическим условиям вероятного формирования кластерных групп углерода со связями типов C_2 и C_3 , нарастание которых образует линейные углеродные цепочки замыкающиеся

в моноциклические кольца (пентагоны и гексагоны) формирующие выпуклые структуры углерода (фуллерены, нанотрубки) как в плазме, так и на катоде.

Для проведения исследований по модели были выбраны два основных режима синтеза УНС: режим образования катодного депозита с максимальным содержанием нанотрубок (режим «Нанотрубки»)(сила тока дуги 150 А) и режим с максимальным входом фуллеренов осаждающихся на стенки камеры в виде сажи (сила тока 350А)(режим «Фуллерень»). Остальные параметры расчета: межэлектродное расстояние 1 мм, диаметр электродов 12 мм, напряжение между электродами 25 В, давление буферного газа гелия в камере синтеза 400 Торр.

Для подтверждения адекватности модели, была выполнена аналогичная серия экспериментов на лабораторной установке синтеза УНС с автоматизированной системой управления процессом, позволяющей поддерживать постоянные технологические параметры синтеза. Результаты экспериментальных исследований и численных расчетов осаждения частиц углерода на катод в виде депозитного осадка по разработанной модели, при одних и параметрах процесса синтеза представлены на рисунке 1.

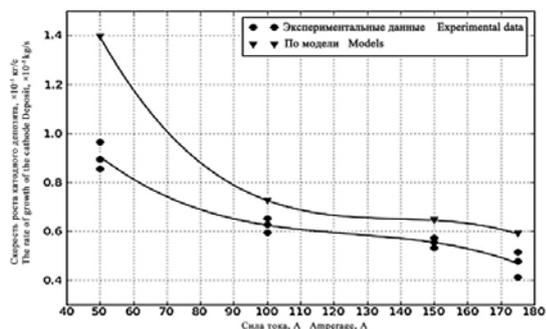
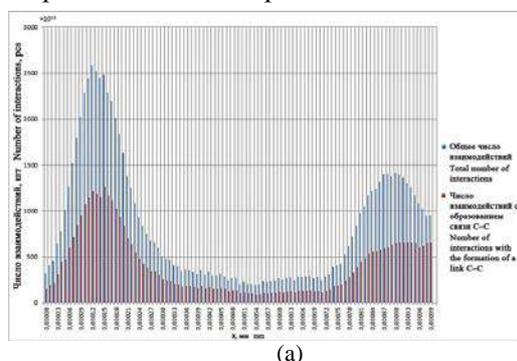


Рисунок 1. Экспериментальные и расчетные значения скорости роста катодного депозита в зависимости от силы тока
Figure 1. Experimental and calculated values of the cathode Deposit growth rate depending on the current strength

Результаты расчета количественных характеристик общих парных взаимодействий



(a)

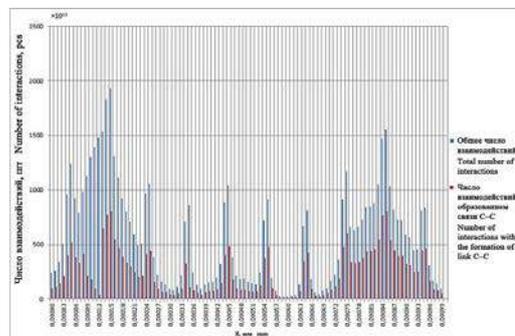
ионов углерода с образованием устойчивых линейных связей C_2 и C_3 в плазме межэлектродного пространства представлены на рисунках 2–4. Временной интервал выполненных расчетов составляет 360 нс.

Общее количество столкновений частиц определяется концентрацией частиц, их скоростью, размером и оказывает непосредственное влияние на образование кластеров. Соотношение числа столкновений с образованием связей к общему числу столкновений в исследованных условиях изменяется не значительно.

Анализ выполненных численных расчетов по модели показывает, что формирование кластерных групп углерода C_2 и C_3 в процессе электродугового синтеза в рассматриваемых режимах происходит во всем межэлектродном пространстве с различной интенсивностью.

Это объясняется различными параметрами электромагнитных полей ускоряющих частицы, температурой плазмы и различными начальными скоростями частиц. Наибольшее количество взаимодействий частиц углерода и соответственно образование устойчивых связей происходит в первой и последней четверти межэлектродного пространства.

На начальном этапе имеется наибольшее количество частиц с относительно невысокой скоростью. И большое количество частиц дает большое число столкновений, часть из которых приводит к образованию устойчивых связей и укрупнению частиц. При движении частицы увеличиваются в размерах за счет образования связей при столкновениях с другими частицами, разгоняются под воздействием электрического поля, но общее количество частиц уменьшается. Количество частиц уменьшается, уменьшается их концентрация, что ведет к уменьшению общего числа столкновений и образованию кластеров. Далее образовавшиеся кластеры разгоняются электромагнитным полем, что приводит к увеличению общего числа столкновений в прикатодной области, а, следовательно, и количества образующихся связей.



(b)

Рисунок 2. Общее число парных столкновений ионов углерода в плазме и образование связей C–C, в режимах синтеза «Нанотрубки»(a) и «Фуллерены»(b)

Figure 2. Total number of paired collisions of carbon ions in plasma and formation of bonds C–C, in the modes of synthesis of «Nanotubes»(a) and «Buckyballs»(b)

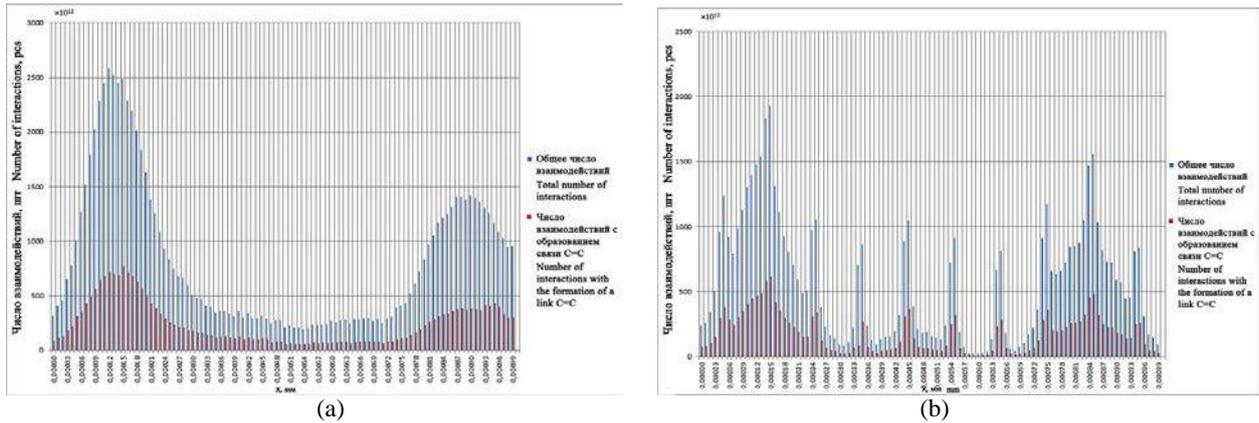


Рисунок 3. Общее число парных столкновений ионов углерода в плазме и образование связей C = C, в режимах синтеза «Нанотрубки» (a) и «Фуллерены» (b)

Figure 3. Total number of paired collisions of carbon ions in plasma and formation of bonds C = C, in the modes of synthesis of «Nanotubes» (a) and «Buckyballs» (b)

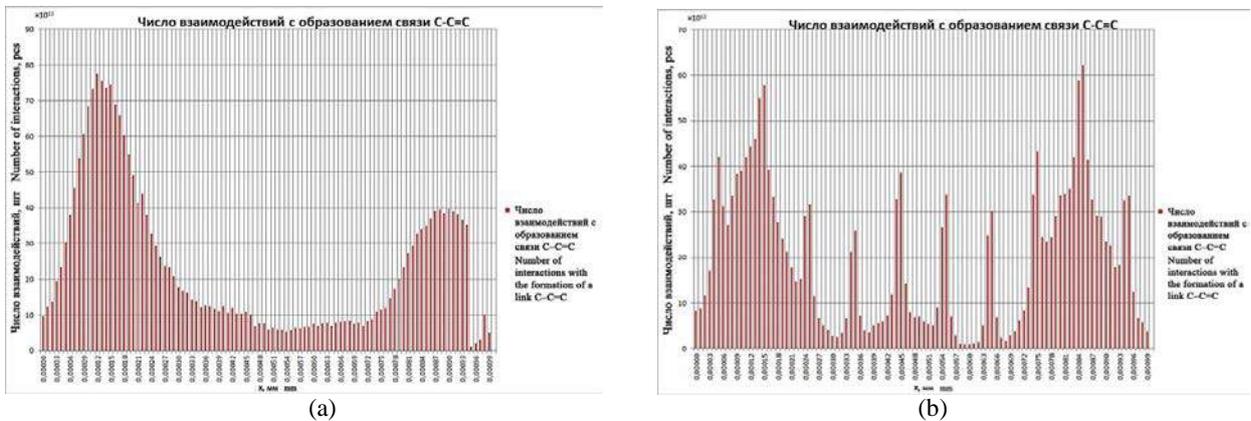


Рисунок 4. Образование связей C=C-C в режимах синтеза «Нанотрубки»(a) и «Фуллерены»(b)

Figure 4. The formation of bonds C=C-C modes of the synthesis of «Nanotubes»(a) and «Buckyballs»(b)

На количество и характер взаимодействий ионов углерода в плазме непосредственное влияние оказывает сила тока дуги, которая определяет в плазме параметры электромагнитного и температурного полей действующих на частицы. Количество образуемых в плазме кластерных групп углерода C₃ по сравнению с C₂ существенно меньше, что объясняется недостаточностью суммарной кинетической энергией взаимодействующих частиц для активации химической связи.

Промежуточные пики столкновений, полученные в режиме «Фуллерены» объясняется дискретностью представления испарения графита с анода при численных расчетах. Однако расчеты показывают, что в данном режиме образование связей между атомами углерода идет более интенсивно идет по всей длине межэлектродного пространства, что приводит к синтезу фуллеренов в плазме, без осаждения на катод.

Таким образом, разработанная модель позволяет моделировать формирование углеродных наноструктур в плазме электродугового разряда с учетом их особенностей синтеза.

Выводы

Предложенная методика моделирования движения и взаимодействия заряженных частиц в многокомпонентной плазме электродугового разряда на основе системы уравнений Больцмана-Максвелла, с учетом парных упругих и неупругих взаимодействий между частицами позволяет учитывать процессы, протекающие в плазме и рассчитывать параметры образующихся межатомных связей.

Выполнены исследования на основе полученной модели количества парных столкновений ионов углерода в плазме с образованием ковалентных связей типа C-C, C=C и C=C-C в различных режимах синтеза, что позволило сделать вывод, что образование кластеров в плазме происходит во всем межэлектродном пространстве с различной интенсивностью и зависит от параметров процесса. Разработанная математическая модель может быть использована при расчете параметров технологического процесса синтеза углеродных наноструктур, а также управлении процессом.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ершова О.В. Ивановский С.К., Чупрова Л.В., Бахаева А.Н. Современные композиционные материалы на основе полимерной матрицы // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 4(1). С. 14–18.
- 2 Амиров Р.Х., Исакаев Э.Х., Шавелкина М.Б., Шаталова Т.Б. Синтез углеродных нанотрубок в плазмоструйном реакторе в присутствии катализаторов // Успехи прикладной физики. 2014. Т. 2. № 3. С. 217–223.
- 3 Дутлов А.Е., Некрасов В.М., Сергеев А.Г., Бубнов В.П. и др. Электродуговой синтез сажи с высоким содержанием высших фуллеренов в «параллельной дуге» // Журнал технической физики. 2016. Т. 86. № 12. С. 99–103.
- 4 Морозов И.В. Моделирование кластерной нано-плазмы методом МД // Наноструктуры. Математическая физика и моделирование. 2011. Т. 5. № 1–2. С. 39–56.
- 5 Галкин В.А. Анализ математических моделей: системы законов сохранения, уравнения Больцмана и Смолуховского. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 408 с.
- 6 Abramov G.V., Gavrilov A.N. The application of the large particles method of numerical modeling of the process of carbonic nanostructures synthesis in plasma // IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series. 2018. № 973. P. 012-022. doi: 10.1088/1742-6596/973/1/012022
- 7 Abramov G.V., Gavrilov A.N., Tolstova I.S., Ivashin A.L. Formation of clusters of carbon structures in plasma under thermal destruction of graphite // Nanotechnologies in Russia. March. 2017. V. 12. № 3. P. 139–146. doi: 10.1134/S1995078017020021
- 8 Decyk V.K., Singh T.V. Particle-in-cell algorithms for emerging computer architectures // Computer Physics Communications. 2014. V. 185. № 3. P. 708–719.
- 9 GPGPU.RU Использование видеокарт для вычислений. URL: <http://www.gpgpu.ru>.
- 10 Cook S. CUDA programming. A Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs // Morgan Kaufmann. 2013. 576 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр Н. Гаврилов к.т.н., доцент, кафедра информационных и управляющих систем, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ganinvrn@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Автор несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 24.05.2018

REFERENCES

- 1 Ershov O.V. Ivanovskaya K.S., Chuprova L.V., Bagaeva, A.N. Modern composite materials based on polymer matrices. *Mejdunarodni ijurnal prikladnih I fundamentalnih issledovanii* [International journal of applied and fundamental research] 2015. no. 4 (1). pp. 14–18. (in Russian)
- 2 Amirov R.Kh., Isakayev E.Kh., Savelkin M.B., Shatalova T.B. Synthesis of carbo nanotubes in plazmotrona reactor in praesentia catalysts. *Uspehi prikladnoifiziki* [Progreditur in de physical]. 2014. vol. 2. no. 3. pp. 217–223. (in Russian)
- 3 Dutlov A.E., Nekrasov V.M., Sergeev A.G., Bubnov V.P. et al. Electric arc synthesis of soot with a high content of higher fullerenes in a "parallel arc". *Jurnaltehnikeskoiifiziki* [Journal of Technical Physics]. 2016. vol. 86. no. 12. pp. 99–103. (in Russian)
- 4 Morozov I.V. Sculpturae clustered nanoplasma by MD. *Nanostrukturi. Matematicheskaya fizika I modelirovanie* [Nanostructures. Mathematica physicaetsculpturae]. 2011. vol. 5. no. 1–2. pp. 39–56. (in Russian)
- 5 Galkin V.A. Analiz matematicheskikh modelei: sistemi zakono vsokhraneniya uravneniya Bolcmanai Smoluhovskogo. [Analysis mathematica exempla: ratio de conservationeleges, Boltzmann aequationeet Smoluchow skiaequatio]. Moscow, BINOM. Nullascientia, 2009. 408 p. (in Russian)
- 6 Abramov G.V., Gavrilov A.N. The application of the large particles method of numerical modeling of the process of carbonic nanostructures synthesis in plasma. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series*. 2018. no. 973. pp. 012-022. doi: 10.1088/1742-6596/973/1/012022
- 7 Abramov G.V., Gavrilov A.N., Tolstova I.S., Ivashin A.L. Formation of clusters of carbon structures in plasma under thermal destruction of graphite. *Nanotechnologies in Russia*. March 2017, vol. 12, issue 3, pp. 139–146. doi: 10.1134/S1995078017020021
- 8 Decyk V.K., Singh T.V. Particle-in-cell algorithms for emerging computer architectures. *Computer Physics Communications*. 2014. vol. 185. no 3. pp. 708–719.
- 9 GPGPU.RU In usura GPU pro calculis. (in Russian) Available at: <http://www.gpgpu.ru/>.
- 10 Cook S. CUDA programming. A Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs. Morgan Kaufmann. 2013. 576 p.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr N. Gavrilov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, information and control systems department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ganinvrn@yandex.ru

CONTRIBUTION

The author is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.10.2018

ACCEPTED 5.24.2018

Интегрирование бигармонического уравнения по неявной схеме

Михаил И. Попов¹ mihail_semilov@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В статье представлено пошаговое построение конечно-разностной схемы для неоднородного бигармонического уравнения при нулевых граничных условиях, наложенных на искомую функцию и ее частные производные первого порядка. Конечно-разностная схема основана на квадратном двадцатипятиточечном шаблоне и имеет неявный характер. На равномерной сетке с помощью разложения функции в ряд Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа вычислена погрешность аппроксимации бигармонического оператора разностным аналогом и погрешность аппроксимации граничных условий, наложенных на частные производные первого порядка. Граничные условия, наложенные на искомую функцию, выполняются точно. Конечно-разностная схема аппроксимирует краевую задачу со вторым порядком точности по шагу сетки. С помощью системы компьютерной алгебры Maple получено решения задачи для различных шагов сетки. Выявлена зависимость минимума функции и времени расчета от числа значимых цифр. Найдено оптимальное число значащих цифр. Проведен анализ скорости сходимости численной схемы. Установлена зависимость минимального значения функции и времени расчета от величины шага сетки. Найдено оптимальное значение шага. Построены трехмерный график решения и его профили в срединных сечениях. Указаны преимущества разработанной конечно-разностной схемы. Полученные результаты отвечают физическому смыслу задачи и согласуются аналогичными численными и приближенно-аналитическими решениями.

Ключевые слова: краевая задача, бигармоническое уравнение, конечно-разностная схема, погрешность аппроксимации.

The integration of a biharmonic equation by an implicit scheme

Mikhail I. Popov¹ mihail_semilov@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The paper presents a step-by-step construction of a finite-difference scheme for a heterogeneous biharmonic equation under zero boundary conditions superimposed on the desired function and its first-order partial derivatives. The finite-difference scheme is based on a square twenty-five-point pattern and has an implicit character. On analytical grid, the error of approximation of the biharmonic operator by the difference analog and the error of approximation of boundary conditions imposed on the first order partial derivatives are calculated by the expansion of the function in the Taylor series with the remainder term in the form of a Lagrange. The boundary conditions imposed on the sought function are satisfied precisely. A finite-difference scheme approximates a boundary value problem with a second order of accuracy over the mesh step. With the help of the Maple computer algebra system the solutions of the problem for different grid steps are obtained. The dependence of the minimum function and calculation time on the number of significant digits is revealed. The optimal number of significant digits is found. The convergence rate of the numerical scheme is analyzed. The dependence of the minimum value of the function and the calculation time on the value of the grid step is established. The optimal step value is found. A three-dimensional graph of the solution and its profiles in the middle sections are constructed. The advantages of the developed finite-difference scheme are indicated. Obtained results correspond to the physical meaning of the problem and are consistent with similar numerical and approximate analytical solutions.

Keywords: boundary value problem, biharmonic equation, finite-difference scheme, approximation error

Введение

Краевые задачи для бигармонического уравнения возникают в теории упругости при моделировании изгибов тонких пластин [1–2], а также в гидродинамике при моделировании свободнo-конвективных течений [3–5].

Наиболее известное решение неоднородного бигармонического уравнения, так называемого уравнения Софи Жермен, получены Анри Навье в виде двойного тригонометрического ряда. Однако оно справедливо лишь для пластинок, шарнирно опертых по контуру. Ряды в этом решении сходятся медленно. Более общее решение предложил Морис Леви, но и им не исчерпываются все постановки граничных условий.

В связи с отсутствием аналитических решений широкое развитие получили численные методы интегрирования краевых задач для бигармонического уравнения. Наряду с классическими [6–7] используются и современные методы, такие как метод конечного множества точек [8–9].

Для цитирования

Попов М.И. Интегрирование бигармонического уравнения по неявной схеме // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 114–118. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-114-118

Построение конечно-разностной схемы

Рассмотрим краевую задачу для неоднородного бигармонического уравнения с граничными условиями первого и второго рода в квадратной области $\bar{D} = [0; 1] \times [0; 1]$.

$$\frac{\partial^4 \Phi(X, Y)}{\partial X^4} + 2 \frac{\partial^4 \Phi(X, Y)}{\partial X^2 \partial Y^2} + \frac{\partial^4 \Phi(X, Y)}{\partial Y^4} = -1, \quad (1)$$

$$\Phi(0, Y) = \Phi(1, Y) = \Phi(X, 0) = \Phi(X, 1) = 0, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \Phi(0, Y)}{\partial X} = \frac{\partial \Phi(1, Y)}{\partial X} = \frac{\partial \Phi(X, 0)}{\partial Y} = \frac{\partial \Phi(X, 1)}{\partial Y} = 0 \quad (3)$$

Для построения конечно-разностной схемы заменим область \bar{D} решения системы сеткой с шагами $\Delta X, \Delta Y$, $\bar{w}_{\Delta X, \Delta Y} = \{(X_i, Y_j) = (i\Delta X, j\Delta Y)\}, i = 0, \dots, n, j = 0, \dots, m$. Вместо функции непрерывного аргумента на \bar{D} рассматривается функция дискретного аргумента $\Phi(X_i, Y_j)_{\Delta X, \Delta Y}$, которая обозначается $\Phi_{i,j}$.

For citation

Popov M.I. The integration of a biharmonic equation by an implicit scheme. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 114–118. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-114-118

Выбор разбиения осуществлен таким образом, чтобы в него попадали точки границы области и центр области.

Для построения конечно-разностного аналога частных производных $\partial^4\Phi(X, Y)/\partial X^4$ и $\partial^4\Phi(X, Y)/\partial Y^4$ используем центрально-разностный оператор 2-го порядка примененный дважды по соответствующей переменной:

$$\frac{\partial^4\Phi}{\partial X^4}\Big|_{i,j} = \frac{\Phi_{i+2,j} - 4\Phi_{i+1,j} + 6\Phi_{i,j} - 4\Phi_{i-1,j} + \Phi_{i-2,j}}{(\Delta X)^4} \quad (4)$$

$$\frac{\partial^4\Phi}{\partial Y^4}\Big|_{i,j} = \frac{\Phi_{i,j+2} - 4\Phi_{i,j+1} + 6\Phi_{i,j} - 4\Phi_{i,j-1} + \Phi_{i,j-2}}{(\Delta Y)^4} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\Phi_{i+2,j} - 4\Phi_{i+1,j} + 6\Phi_{i,j} - 4\Phi_{i-1,j} + \Phi_{i-2,j}}{(\Delta X)^4} + \frac{\Phi_{i,j+2} - 4\Phi_{i,j+1} + 6\Phi_{i,j} - 4\Phi_{i,j-1} + \Phi_{i,j-2}}{(\Delta Y)^4} + \\ & + \frac{1}{72(\Delta X)^2(\Delta Y)^2} \left[(\Phi_{i+2,j+2} - 16\Phi_{i+2,j+1} + 30\Phi_{i+2,j} - 16\Phi_{i+2,j-1} + \Phi_{i+2,j-2}) - 16(\Phi_{i+1,j+2} - 16\Phi_{i+1,j+1} + 30\Phi_{i+1,j} - 16\Phi_{i+1,j-1} + \Phi_{i+1,j-2}) + \right. \\ & \left. + 30(\Phi_{i,j+2} - 16\Phi_{i,j+1} + 30\Phi_{i,j} - 16\Phi_{i,j-1} + \Phi_{i,j-2}) - 16(\Phi_{i-1,j+2} - 16\Phi_{i-1,j+1} + 30\Phi_{i-1,j} - 16\Phi_{i-1,j-1} + \Phi_{i-1,j-2}) + \right. \\ & \left. + (\Phi_{i-2,j+2} - 16\Phi_{i-2,j+1} + 30\Phi_{i-2,j} - 16\Phi_{i-2,j-1} + \Phi_{i-2,j-2}) \right] = -1 \end{aligned} \quad (7)$$

Граничные условия (2) накладываемые на искомую функцию приобретут вид

$$\Phi_{0,j} = \Phi_{i,0} = \Phi_{i,n} = 0, \quad i = 0, n, j = 0, n. \quad (8)$$

Граничные условия накладываемые на частные производные первого порядка получим, используя разностные операторы для левой и правой границ

$$\frac{\partial\Phi}{\partial X}\Big|_{i,0} = \frac{-3\Phi_{i,0} + 4\Phi_{i,1} - \Phi_{i,2}}{2\Delta X}, \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (9)$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial X}\Big|_{i,n} = \frac{3\Phi_{i,n} - 4\Phi_{i,n-1} + \Phi_{i,n-2}}{2\Delta X}, \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (10)$$

Для верхней и нижней границ будем иметь соответственно

$$\frac{\partial\Phi}{\partial Y}\Big|_{0,j} = \frac{-3\Phi_{0,j} + 4\Phi_{1,j} - \Phi_{2,j}}{2\Delta Y}, \quad j = 1, \dots, n-1 \quad (11)$$

$$\frac{\partial\Phi}{\partial Y}\Big|_{n,j} = \frac{3\Phi_{n,j} - 4\Phi_{n-1,j} + \Phi_{n-2,j}}{2\Delta Y}, \quad j = 1, \dots, n-1 \quad (12)$$

Заменим в уравнении (3) производные их конечно-разностными аналогами (9) – (12). Тогда, учитывая уравнение (8), граничные условия на производные примут вид

$$\Phi_{i,1} = \frac{1}{4}\Phi_{i,2}, \quad \Phi_{i,n-1} = \frac{1}{4}\Phi_{i,n-2}, \quad i = 1, \dots, n-1 \quad (13)$$

$$\Phi_{1,j} = \frac{1}{4}\Phi_{2,j}, \quad \Phi_{n-1,j} = \frac{1}{4}\Phi_{n-2,j}, \quad j = 1, \dots, n-1 \quad (14)$$

В итоге непрерывная краевая задача (1) – (3) свелась к конечно-разностной схеме (7), (8), (13), (14).

Вычисление погрешности аппроксимации

На равномерной сетке $\Delta X = \Delta Y = h$ обозначим

$$B_h = \frac{\partial^4\Phi}{\partial X^4}\Big|_{i,j} + 2\frac{\partial^4\Phi}{\partial X^2\partial Y^2}\Big|_{i,j} + \frac{\partial^4\Phi}{\partial Y^4}\Big|_{i,j}$$

Конечно-разностный аналог смешанной производной

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4\Phi}{\partial X^2\partial Y^2}\Big|_{i,j} = & \frac{1}{144(\Delta X)^2(\Delta Y)^2} \left[(\Phi_{i+2,j+2} - 16\Phi_{i+2,j+1} + 30\Phi_{i+2,j} - 16\Phi_{i+2,j-1} + \Phi_{i+2,j-2}) - 16(\Phi_{i+1,j+2} - 16\Phi_{i+1,j+1} + \right. \\ & \left. + 30\Phi_{i+1,j} - 16\Phi_{i+1,j-1} + \Phi_{i+1,j-2}) + 30(\Phi_{i,j+2} - 16\Phi_{i,j+1} + 30\Phi_{i,j} - 16\Phi_{i,j-1} + \Phi_{i,j-2}) - 16(\Phi_{i-1,j+2} - 16\Phi_{i-1,j+1} + \right. \\ & \left. + 30\Phi_{i-1,j} - 16\Phi_{i-1,j-1} + \Phi_{i-1,j-2}) + (\Phi_{i-2,j+2} - 16\Phi_{i-2,j+1} + 30\Phi_{i-2,j} - 16\Phi_{i-2,j-1} + \Phi_{i-2,j-2}) \right] \end{aligned} \quad (6)$$

Подставив в уравнение (1) аппроксимации производных (4)–(6), получим разностное уравнение

Тогда уравнение (7) примет вид

$$B_h\Phi = -1$$

Чтобы определить погрешность аппроксимации образуем разность $z = u - v$, где u – решение задачи (7), (8), (13), (14), а v – решение задачи (1)–(3). Подставляя $u = z + v$ в уравнение, получим для z задачу

$$Bv = B(z + v) = Bz + Bv = -1, \quad Bz = -\varepsilon_B$$

во внутренних узлах сетки и для z выполнены граничные условия (8), (13), (14), где $\varepsilon_B = B_h v + 1$ – погрешность аппроксимации задачи (1)–(3) схемой (7), (8), (13), (14). Так как $\Delta^2 v + 1 = 0$, то

$$\varepsilon_B = Bv + 1 - \Delta^2 v - 1 = Bv - \Delta^2 v.$$

Вычислим погрешность аппроксимации почленно, используя разложение по формуле Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа, в окрестности i, j -того узла:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4 v}{\partial X^4}\Big|_{i,j} - \frac{\partial^4 v(X, Y)}{\partial X^4} = \\ = \frac{h^2}{6} \frac{\partial^6 v}{\partial X^6} [h(i + \eta), jh], \quad 0 < \eta < 1, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^4 v}{\partial Y^4}\Big|_{i,j} - \frac{\partial^4 v(X, Y)}{\partial Y^4} = \\ = \frac{h^2}{6} \frac{\partial^6 v}{\partial Y^6} [ih, h(j + \sigma)], \quad 0 < \sigma < 1, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial^4 v}{\partial X^2\partial Y^2}\Big|_{i,j} - \frac{\partial^4 v(X, Y)}{\partial X^2\partial Y^2} =$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{17h^4}{756} \left\{ \frac{\partial^8 v}{\partial Y^8} [(i+\eta)h, hj] + \frac{\partial^8 v}{\partial Y^8} [ih, h(j+\sigma)] \right\} - \\
 &\quad - \frac{34h^4}{189} \left\{ \frac{\partial^8 v}{\partial X^7 \partial Y} [(i+\eta)h, h(j+\sigma)] + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\partial^8 v}{\partial Y^7 \partial X} [(i+\eta)h, h(j+\sigma)] \right\} - \\
 &\quad - \frac{167h^4}{270} \left\{ \frac{\partial^8 v}{\partial X^6 \partial Y^2} [(i+\eta)h, h(j+\sigma)] + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\partial^8 v}{\partial Y^6 \partial X^2} [(i+\eta)h, h(j+\sigma)] \right\} - \\
 &\quad - \frac{34h^4}{27} \left\{ \frac{\partial^8 v}{\partial X^5 \partial Y^3} [(i+\eta)h, h(j+\sigma), k\tau] + \right. \\
 &\quad \left. + \frac{\partial^8 v}{\partial Y^5 \partial X^3} [(i+\eta)h, h(j+\sigma), k\tau] \right\} + \\
 &\frac{85h^4}{54} \frac{\partial^8 v}{\partial X^4 \partial Y^4} [(i+\eta)h, h(j+\sigma)], 0 < \eta < 1, 0 < \sigma < 1.
 \end{aligned}$$

Обозначим

$$\begin{aligned}
 M_1 &= \max_{(X,Y) \in \bar{D}} \left| \frac{\partial^6 v(X,Y)}{\partial X^6} \right|, \quad M_2 = \max_{(X,Y) \in \bar{D}} \left| \frac{\partial^6 v(X,Y)}{\partial Y^6} \right|, \\
 M_3 &= \min_{(X,Y) \in \bar{D}} \left| \frac{\partial^{m+n} v(X,Y)}{\partial X^m \partial Y^n} \right|, \quad m, n = 1, 3, 5, 7, m+n = 8; \\
 M_4 &= \max_{(X,Y) \in \bar{D}} \left| \frac{\partial^{m+n} v(X,Y)}{\partial X^m \partial Y^n} \right|, \quad m, n = 2, 4, 6, 8, m+n = 8.
 \end{aligned}$$

Поскольку бигармонический оператор симметричен $M_1 = M_2$. Обозначим $\tilde{M}_1 = M_1/3$, $\tilde{M}_2 = (5398/945)M_4 - (1088/189)M_3$, тогда

$$|\varepsilon_B| \leq \tilde{M}_1 h^2 + \tilde{M}_2 h^4. \quad (15)$$

Таким образом, разностный оператор аппроксимирует бигармонический со 2 порядком.

Граничное условие (2) на искомую функцию с учетом (8) аппроксимируется точно. Погрешность аппроксимации граничного условия (3) уравнениями (13) и (14) оценим используя разложение по формуле Тейлора с остаточным членом в форме Лагранжа, в окрестности i, j -того узла:

$$\frac{\partial v}{\partial X} \Big|_{i,j} - \frac{\partial v}{\partial X} = \frac{2}{3} h^2 \frac{\partial^3 v}{\partial X^3} [h(i+\eta), jh], \quad 0 < \eta < 1.$$

Обозначим

$$M = \max_{(X,Y) \in \bar{D}} \left| \frac{\partial^3 v(X,Y)}{\partial X^3} \right|,$$

тогда $|\varepsilon_T| \leq Mh^2$.

Итак, граничное условие (2) аппроксимируется также со вторым порядком, поэтому конечно-разностная схема (7), (8), (13), (14) аппроксимирует краевую задачу (1)–(3) со вторым порядком точности.

Анализ решений

Решение задачи (7), (8), (13), (14) вычислено с помощью системы компьютерной алгебры Maple для равномерной сетки с шагом $h = 1/120$. На рисунке 1 показан график решения, а на рисунке 2 его профиль в сечениях плоскостями $X = 0.5$ и $Y = 0.5$. На рисунке 3 показаны профили решения в сечениях плоскостью $Y = X$ и $Y = 1 - X$. По графикам видно, что решение симметрично относительно центральной точки $(0.5; 0.5)$, в которой достигается минимум равный $-1.22 \cdot 10^{-3}$.

В таблице 1 показана зависимость минимума функции от числа значимых цифр в расчете, т.е. фактически от погрешности округления. Расчет выполнен для сетки размерностью 81×81 точек. В столбце относительная разница минимумов функции показано насколько процентов результат отличается от предыдущего.

Здесь же приведено время расчета и его относительное изменение. По таблице видно, что при увеличении числа значащих цифр с 14 до 16 время расчета увеличивается на 166% а точность всего на $3 \cdot 10^{-6} \%$. Эти данные говорят о том, что дальнейшее уменьшение погрешности округления приведет к значительному увеличению времени расчета при неизменном результате. Таким образом, 14 значащих цифр - оптимальным значение.

В таблице 2 отражена зависимость минимального значения функции от величины шага сетки и относительная разница минимумов функции. Здесь же приведено время расчета и его относительное изменение. Расчет выполнен с 14 значащими цифрами. Уменьшение относительной разницы минимумов функции по экспоненциальному закону свидетельствует о быстрой сходимости конечно-разностной схемы.

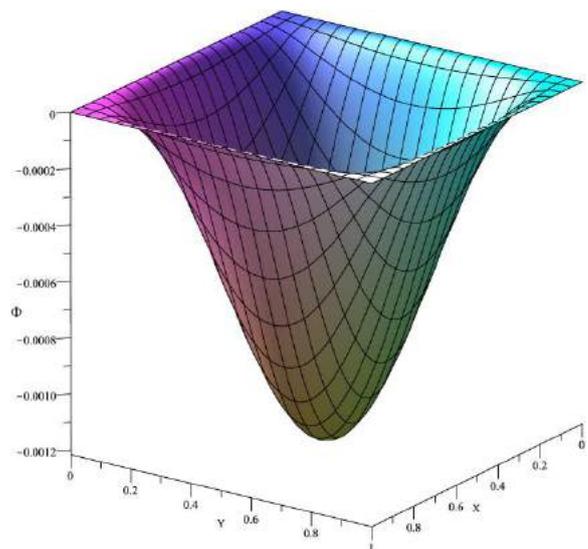


Рисунок 1. График решения
Figure 1. Solution graph

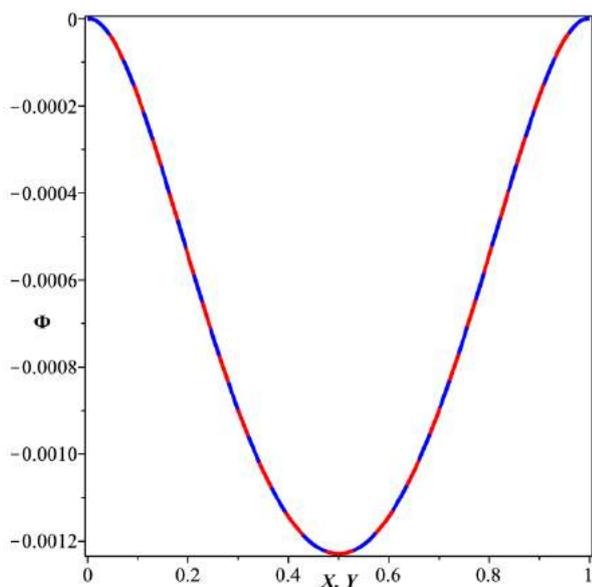


Рисунок 2. Профиль решения в сечении $X = 0.5$

Figure 2. Solution profile in section $X = 0.5$

Уменьшение относительного приращения времени расчета позволяет сделать расчеты более точными. Однако уменьшение шага сетки требует увеличения значащих цифр, поэтому значение шага $1/120$ является оптимальным

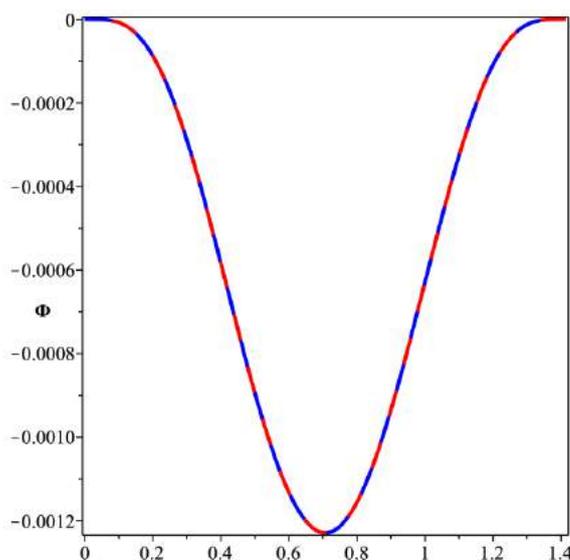


Рисунок 3. Профили решения в сечениях $\gamma = x$ (красный) и $\gamma = 1 - x$ (синий)

Figure 3. Solution profile in section $\gamma = x$ (red) and $\gamma = 1 - x$ (blue)

Полученный результат согласуется с численным решением данной задачи по явной схеме [10] и приближенно-аналитическим решением [11]. Значение функции в центральной точке для которых равны $-1.05 \cdot 10^{-3}$ и $-1.25 \cdot 10^{-3}$ соответственно.

Таблица 1.

Погрешность округления

Table 1.

Rounding error

Число значащих цифр Number of significant digits	Минимум функции The minimum of a function	Относительная разница минимумов функции, % The minimum of the relative difference in the minimum of a function, %	Время расчета Calculation time	Относительная разница времени расчета, % Relative time difference calculation, %
8	-0.0012409828		333.687	
10	-0.001202252713	-3.12	324.56	-2.74
12	-0.00120187713348	-0.03	326.96	0.74
14	-0.0012018733801815	-0.0003	332.969	1.84
16	-0.001201873342732467	$-3 \cdot 10^{-6}$	888.996	166.99

Таблица 2.

Скорость сходимости

Table 2.

Rate of convergence

Шаг сетки Grid spacing	Минимум функции The minimum of a function	Относительная разница минимумов функции, % The minimum of the relative difference in the minimum of a function, %	Время расчета Calculation time	Относительная разница времени расчета, % Relative time difference calculation, %
1/20	-0.0010105920924147		1.357	
1/40	-0.0011381686297206	12.62393987	14.165	943.8467208
1/60	-0.0011806597334856	3.733287131	86.44	510.2364984
1/80	-0.0012018733801815	1.796762133	332.969	285.2024527
1/100	-0.0012145881472324	1.057912357	1090.431	227.4872436
1/120	-0.0012230583683455	0.6973739223	3259.407	198.9099723

Заклучение

С помощью неявной конечно-разностной схемы получено решение неоднородного бигармонического уравнения. Путем разложения функции в ряд Тейлора вычислена погрешность аппроксимации бигармонического оператора разностным аналогом и погрешность аппроксимации граничных условий. Проведен анализ скорости сходимости схемы. Преимущества использования данной неявной схемы по сравнению с явной заключаются в ее абсолютной

устойчивости. Доказательство устойчивости явных схем порой весьма затруднительно. Отпадает необходимость вычислять нормы разностных операторов для определения оптимального для скорости сходимости шага. Объем вычислений существенно меньше, так как значения в узлах вычисляются один раз, а не на каждом шаге. Это позволяет экономить ресурсы процессора и время расчета, а также уменьшить погрешность результата за счет уменьшения числа округлений.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Завьялов В.Н., Мартынов Е.А., Романовский В.М. Основы строительной механики пластин: учебное пособие. Омск: СибАДИ, 2012. 116 с.
- 2 Шафарец Е.Б., Шафарец Б.П. Свободная конвекция учет некоторых физических особенностей при моделировании конвективных течений с помощью вычислительных пакетов // Научное приборостроение. 2014. Т. 24. №2. С. 43–51.
- 3 Гоц А.Н. Численные методы расчета в энергомашиностроении. Владимир: Изд-во ВлГУ, 2013. 182 с.
- 4 Jani S., Mahmoodi M., Amini M., Jam J. Numerical investigation of natural convection heat transfer in a symmetrically cooled square cavity with a thin fin on its bottom wall // Thermal science. 2014. V. 18. №. 4. P. 1119-1132.
- 5 Gros T., Revnic C., Pop I., Ingham D.B. Free convection heat transfer in a square cavity filled with a porous medium saturated by a nanofluid // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2015. V. 87. P. 36–41.
- 6 Алгазин С.Д. Численные алгоритмы классической математической физики. М.: Диалог-МИФИ, 2010. 240 с.
- 7 Mu L., Wang J., Ye X. Effective implementation of the weak Galerkin finite element methods for the biharmonic equation // Computers & Mathematics with Applications. 2017. V. 74. №. 6. P. 1215-1222.
- 8 Doss L. J. T., Kousalya N. Finite Pointset Method for biharmonic equations // Computers & Mathematics with Applications. 2018. V. 75. №. 10. P. 3756-3785.
- 9 Doss L. J. T., Kousalya N., Sundar S. A Finite Pointset Method for Biharmonic Equation Based on Mixed Formulation // International Journal of Computational Methods. 2017. P. 1850068.
- 10 Рязжских В.И., Слюсарев М.И., Попов М.И. Численное интегрирование бигармонического уравнения в квадратной области // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2013. № 10. V. 1. P. 52–62.
- 11 Попов М.И., Соболева Е.А. Приближенное аналитическое решение внутренней задачи кондуктивно-ламинарной свободной конвекции // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 78–84.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Михаил И. Попов к.ф.-м.н., старший преподаватель, кафедра высшей математики и информационных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mihail_semilov@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Михаил И. Попов Полностью подготовил рукопись и несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

REFERENCES

- 1 Zavalov V.N., Martinov E.A., Romanovskiy V.M. Osnovi stroitelnoy mehaniki plastin [Fundamentals of structural mechanics of plates]. Omsk, SibADI, 2012, 116 p. (in Russian)
- 2 Shafarets E.B., Shafarets B.P. Free convection taking into account some physical features when modeling convective flows using computational packages. *Nauchnoe priborostroenie* [Scientific instrument engineering], 2014, vol. 24, no 2, pp. 43–51. (in Russian)
- 3 Gots A.N. Chislennye metodi raschota v energomashinostroenii [Numerical methods of calculation in power engineering]. Vladimir, VIGU, 2013, 182 p.
- 4 Jani S., Mahmoodi M., Amini M., Jam J. Numerical investigation of natural convection heat transfer in a symmetrically cooled square cavity with a thin fin on its bottom wall. *Thermal science*, 2014, vol. 18, no. 4, pp. 1119-1132
- 5 Gros T., Revnic C., Pop I., Ingham D.B. Free convection heat transfer in a square cavity filled with a porous medium saturated by a nanofluid. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2015. vol. 87. pp. 36–41.
- 6 Algazin S.D. Chislennye algoritmi klassicheskoi matematicheskoi fiziki [Numerical algorithms of classical mathematical physics]. Moscow, Dialod-MIFI, 2010, 240 p. (in Russian)
- 7 Mu L., Wang J., Ye X. Effective implementation of the weak Galerkin finite element methods for the biharmonic equation. *Computers & Mathematics with Applications*. 2017. vol. 74. no. 6. pp. 1215-1222.
- 8 Doss L. J. T., Kousalya N. Finite Pointset Method for biharmonic equations. *Computers & Mathematics with Applications*. 2018. vol. 75. no. 10. pp. 3756-3785.
- 9 Doss L. J. T., Kousalya N., Sundar S. A Finite Pointset Method for Biharmonic Equation Based on Mixed Formulation. *International Journal of Computational Methods*. 2017. pp. 1850068.
- 10 Ryzhskih V.I., Slusarev M.I., Popov M.I. Numerical integration of a biharmonic equation in square area. *Vestnik Sankt-Petersburgskogo universiteta* [Bulletin of the Saint-Petersburg university], 2013, no. 10, vol. 1, pp. 52–62. (in Russian)
- 11 Popov M.I., Soboleva E.A. The approximate analytical solution of the internal problem of conductive and laminar free convection. *Vestnik Voronezhskogo Universiteta Ingenierih Tehnologiy* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2016 no. 4, pp. 78–84 (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Mikhail I. Popov Cand. Sci. (Phys.-Math.), senior lecturer, higher mathematics and information technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mihail_semilov@mail.ru

CONTRIBUTION

Mikhail I. Popov Completely prepared the manuscript and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declares no conflict of interest.

RECEIVED 3.10.2018

ACCEPTED 4.2.2018

Исследование влияния количества модулей многокластерного технологического комплекса и выполняемые ими операции на общую производительность установки с использованием имитационного моделирования

Игорь Н. Куликов¹ kulik19998@gmail.com
Леонид Л. Колесник¹ l.kolesnik@m-i.ru

¹ Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2-я Бауманская ул., 5/1, Москва, 105005, Россия

Реферат. Вариативность компоновок кластерного оборудования обуславливает разработку методов, направленных на анализ и поиск возможных схем компоновок, которые отвечают заданным требованиям и критерию оптимальности производительности. Достаточно часто на производстве сталкиваются с задачей наиболее оптимальной утилизации кластерного оборудования. Для нахождения решений используют различные подходы, такие как: запуск в систему нескольких потоков полуфабрикатов, увеличение числа рабочих лап робота в транспортном модуле и т. д. В данной работе исследован многокластерный технологический комплекс, зависимость производительности МТК от количества выполняемых операций наименее загруженного модуля. Показано, что с помощью данного подхода можно существенно упростить нахождение решения задачи построения кластерной установки при наличии потоков пластин двух типов, а также нахождения графика запуска для максимальной и минимальной производительности. Актуальность работы обусловлена необходимостью нахождения наиболее оптимального варианта компоновки многокластерного комплекса и графика запуска полуфабрикатов (с учетом вариативности выполняемых операций в модулях) как на этапе проектирования установки, так и при эксплуатации уже существующих установок.

Ключевые слова: полупроводниковое производство; многокластерный технологический комплекс; структурные схемы полуфабрикатов, график запуска полуфабрикатов

Investigation of the influence of the number of modules of a multicluster technological complex and the operations performed by them on the overall performance of the installation using simulation simulations

Igor N. Kulikov¹ kulik19998@gmail.com
Leonid L. Kolesnik¹ l.kolesnik@m-i.ru

¹ Bauman Moscow State Technical University, Baumanskaya str., 5/1, Moscow, 105005, Russia

Summary. Variety of compositions of multicluster tools determines the development of methods aimed at analysis and search of feasible compositions, which meet the requirements and optimal performance (throughput) criteria. Very often in the industry, there is a task to find optimum utilization of the cluster tool. To find a solution various approaches are used, such as input in the system several flows of the semifinished products, increasing overall number of the arms of the robot, etc. In this article cluster tool and throughput dependence on quantity of performed operations of the least loaded module are investigated. It is shown, that with the help of this approach one can easily simplify both finding the solution of the task to composite cluster tool with flows of two different types of wafers and determining schedule of the wafers for maximum and minimum throughput. Relevance of the article is stipulated by substantive and complex choices of both finding optimal composition of the cluster tool and scheduling semifinished products flows (in accordance with variations of the operations in modules) at both the design and exploitation stage.

Keywords: semiconductor manufacturing; multicluster tools; structural schemes of semi-finished product, semifinished products' schedule

Введение

Многокластерная установка – изолированная система с единым вакуумным циклом, состоящая из модулей, образующие кластеры. Полуфабрикаты перемещаются из загрузочной камеры по заранее заданному маршруту посредством транспортных модулей.

Одним из важнейших критериев установки является ее производительность. Данный параметр является зависимым от множества исходных данных, включая наиболее очевидные, как длительности операций, маршруты полуфабрикатов, так и менее очевидные, как возможность выполнения нескольких операций одним модулем. Невозможно спроектировать идеальную установку, ввиду того, что, загружая ее новыми маршрутами, будут возникать задачи оптимизации

каждого конкретного варианта. Поэтому для каждого варианта требуется решение задачи нахождения наиболее оптимальной компоновки и управления потоком полуфабрикатов для большей загрузки установки.

Для решения проблемы нахождения наиболее оптимального варианта графика запуска полуфабрикатов, а также наиболее оптимальный вариант компоновки комплекса ввиду нетривиальности задачи предлагается использовать имитационное моделирование [2].

Для построения имитационной модели анализа процессов управления потоками полуфабрикатов была выбрана среда моделирования AnyLogic, которая обладает рядом преимуществ и поддерживает различные подходы к моделированию, в том числе и агентный [3].

Для цитирования

Куликов И.Н., Колесник Л.Л. Исследование влияния количества модулей многокластерного технологического комплекса и выполняемые ими операции на общую производительность установки с использованием имитационного моделирования // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 119–124. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-119-124

For citation

Kulikov I.N., Kolesnik L.L. Investigation of the influence of the number of modules of a multicluster technological complex and the operations performed by them on the overall performance of the installation using simulation simulations. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 119–124. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-119-124

Результаты и обсуждение

В работе проведены четыре различных моделирования.

Общие параметры для всех моделирований, которые остаются постоянными величинами:

- Кол-во пластин 1 типа: 8.
- Кол-во пластин 2 типа: 7.

- Кол-во операций для пластин 1 типа: 10.
- Кол-во операций для пластин 2 типа: 6.
- Кол-во лап у роботов-манипуляторов: 2.
- Скорость робота-манипулятора: 0,35 пи рад/сек.
- Рецепт пластин 2 типа (номера модулей): 1 – 3 – 5 – 7 – 8 – 10.

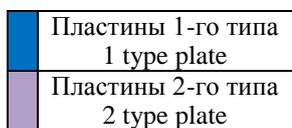
Таблица 1

Различающиеся параметры моделирований

Table 1

Distinguishing modeling parameters

Операция Operation	Тип пластины Plate type	Модуль Module	Длительность, с Duration
1	1	1	30
2	1	2	49
3	1	3	17
4	1	4	30
5	1	5	60
6	1	6	25
7	1	7	32
8	1	8	15
9	1	9	82
10	1	10	61
11	2	1	30
12	2	3	41
13	2	5	48
14	2	7	20
15	2	8	42
16	2	10	61



Моделирование 1

Исходные параметры.

Рецепт пластин 1 типа (номера модулей): 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10.

Модули, выполняющие операции с пластинами обоих типов: 1, 3, 5, 7, 8, 10.

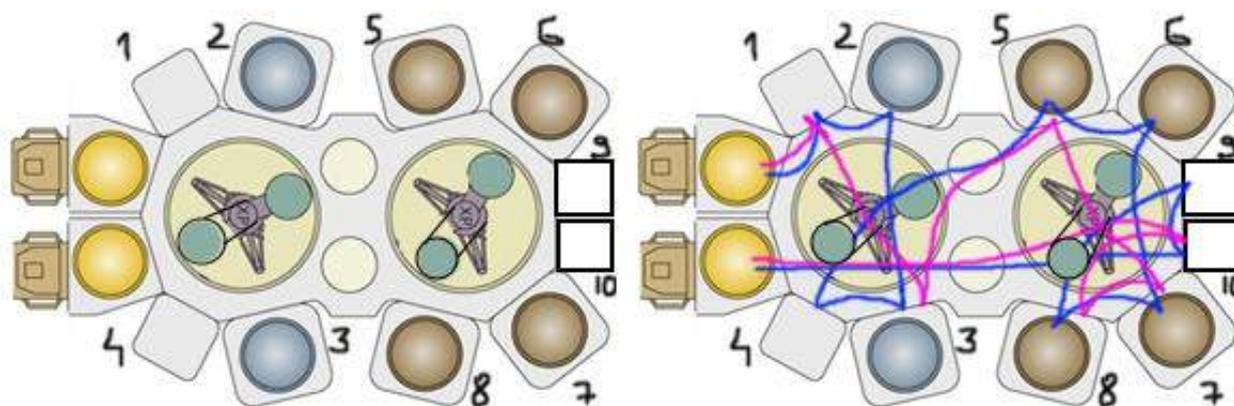


Рисунок 1. Расположение модулей в установке и графическое изображение рецептов и движения пластин (моделирование 1)

Figure 1. The location of the modules in the installation and graphical representation of recipes and the motion of the plates (simulation 1)

По результатам имитационного моделирования наименьшее время обработки по заданному маршруту составило 1311,94 с,

максимальное – 1508,14 с. График запуска можно увидеть в таблицах 2-5 ниже.

Таблица 2.

График запуска полуфабрикатов с максимальной и минимальной производительностью (моделирование 1)

Table 2.

Semi-finished products start-up schedule with maximum and minimum performance (1 simulation)

Максимальная производительность Maximum	Минимальная производительность Minimum		
2	2	2	2
1	2	2	2
2	2	2	2
1	1	2	2
1	2	1	2
1	2	2	1
2	1	1	1
1	1	1	1
2	1	1	1
2	1	1	1
2	1	1	1
2	2	2	2
1	2	2	2
1	1	1	1
1	1	1	1

Моделирование 2

Исходные параметры.

Рецепт пластин 1 типа (номера модулей):
1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 – 10.

Модули, выполняющие операции с пластинами обоих типов: 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10.

В данном случае модуль 6, который выполнял наименьшую по длительности операцию номер 6 (суммарно по всем типам пластин), может выполнять также и операцию номер 9.

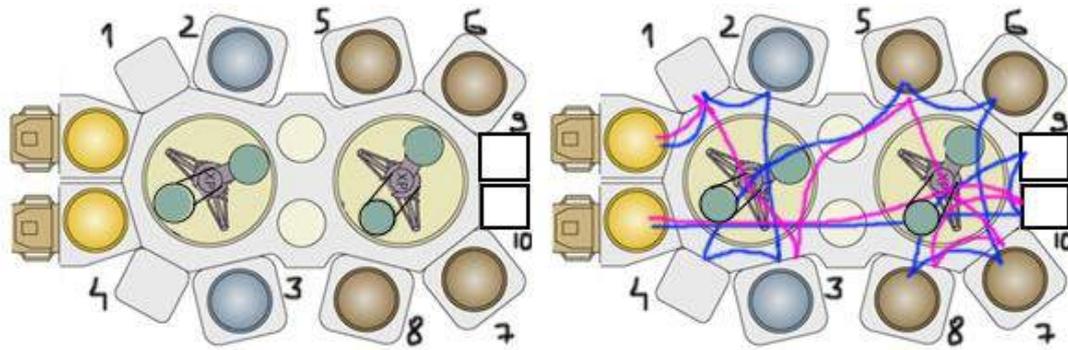


Рисунок 2. Расположение модулей в установке и графическое изображение рецептов и движение пластин (моделирование 2)

Figure 2. The location of the modules in the installation and graphical representation of recipes and the motion of the plates (simulation 2)

По результатам имитационного моделирования наименьшее время обработки по заданному маршруту составило 1260,17 с, максимальное – 1531,87 с. График запуска можно увидеть в таблицах ниже.

Таблица 3.

График запуска полуфабрикатов с максимальной и минимальной производительностью (моделирование 2)

Table 3.

Semi-finished products start-up schedule with maximum and minimum performance (simulation 2)

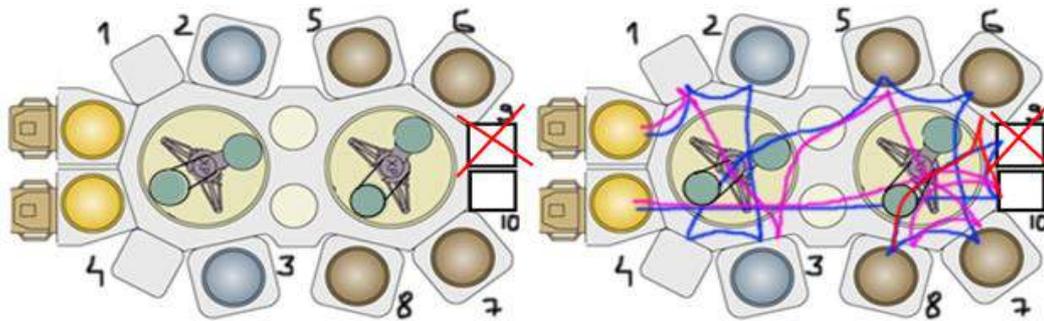
Максимальная производительность Maximum	Минимальная производительность Minimum
2	1
1	1
2	2
1	2
1	1
2	2
2	1
1	1
2	1
2	1
1	1
1	2
2	2
1	1
1	2

Моделирование 3

Исходные параметры.

Рецепт пластин 1 типа (номера модулей):

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 6 – 10.



Модули, выполняющие операции с пластинами обоих типов: 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10.

Уберем из системы модуль номер 9. Операции данного модуля теперь выполняет модуль 6.

Рисунок 3. Расположение модулей в установке и графическое изображение рецептов и движение пластин (моделирование 3)
Figure3. The location of the modules in the installation and graphical representation of recipes and the motion of the plates (simulation 3)

По результатам имитационного моделирования наименьшее время обработки по заданном маршруте составило 1367,22 с, максимальное – 1797,09 с. График запуска можно увидеть в таблицах ниже.

Таблица 4.

График запуска полуфабрикатов с максимальной и минимальной производительностью (моделирование 3)

Table 4.

Semi-finished product launch schedule with maximum and minimum performance (3 simulations)

Максимальная производительность Maximum	Минимальная производительность Minimum
2	1
1	1
1	2
1	2
2	1
2	2
2	1
1	2
2	2
1	1
1	1
2	1
2	2
1	2
1	1

Моделирование 4

Исходные параметры.

Рецепт пластин 1 типа (номера модулей):

1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 6 – 10.

Модули, выполняющие операции с пластинами обоих типов: 1, 3, 5, 6, 7, 8, 10.

В данном случае модуль 6, который выполнял наименьшую по длительности операцию номер 6 (суммарно по всем типам пластин), может выполнять также и операцию номер 9.

Уберем из системы модуль номер 9. Операции данного модуля теперь выполняет модуль 6.

Введем в систему дополнительное условие, а именно, модуль 2 сможет выполнять операции модуля 5 (как одного из наиболее нагруженных).

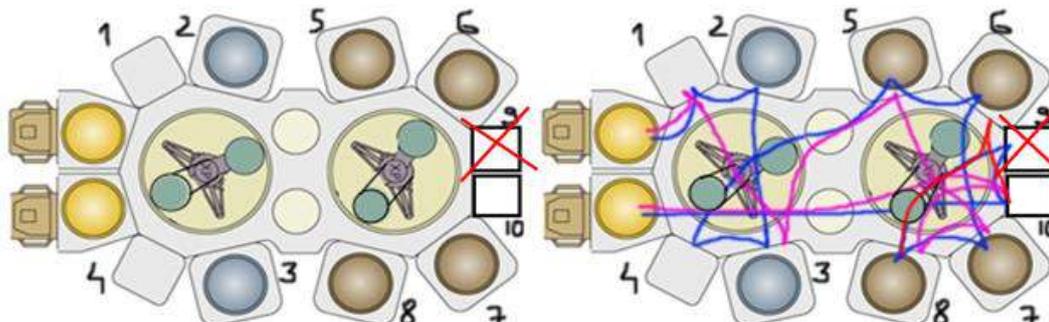


Рисунок 4. Расположение модулей в установке и графическое изображение рецептов и движение пластин (моделирование 4)
Figure4. The location of the modules in the installation and graphical representation of recipes, and the movement of the plates (simulation 4)

По результатам имитационного моделирования наименьшее время обработки по заданном маршруту составило 1350,07 с, максимальное – 1797,74 с. График запуска можно увидеть в таблицах ниже.

Таблица 5.
График запуска полуфабрикатов с максимальной и минимальной производительностью (моделирование 4)

Table 5.
Semi-finished products start-up schedule with maximum and minimum performance (4 simulation)

Максимальная производительность Maximum	Минимальная производительность Minimum
2	1
1	1
1	2
1	2
1	1
2	2
2	1
2	2
1	2
2	1
2	1
1	1
2	2
1	2
1	1

Данные по всем моделированиям сведены в таблицу 6.

Таблица 6.
Результаты моделирования

Table 6.
Simulation result

Моделирование Model	Рецепт пластин 1 типа 1 type plate recipe	Минимальное время на обработку лота, с Minimal duration, s	Максимальное время на обработку лота, с Maximum duration, s
1	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	1311,94	1508,14 с
2	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10	1260,17	1531,87
3	1-2-3-4-5-6-7-8-6-10	1367,22	1797,09
4	1-2-3-4-5-6-7-8-6-10	1350,07	1797,74

Заключение

Как можно видеть, в том случае, если наименее загруженный модуль будет выполнять наиболее длительную операцию, то это существенно влияет на общую производительность системы. В данном случае (среди проведенных моделирований) наиболее оптимальной¹ компоновкой является модифицированная исходная, в которой наименее загруженный модуль выполняет наиболее длительную операцию. Однако, для целей проектирования новых установок или модификации уже существующих целесообразно

пользоваться имитационным моделированием для расчета наиболее оптимального варианта при заданных условиях.

С помощью имитационного моделирования были реализованы различные сценарии компоновки многокластерной установки с 2 потоками полуфабрикатов в системе. Таким образом, при проектировании новой установки или при эксплуатации уже существующей целесообразно использовать имитационное моделирование для поиска наиболее оптимальной компоновки и графика запуска полуфабрикатов.

¹ В данной работе нет цели решить задачу нахождения оптимальной компоновки для максимальной производительности установки. Цель работы – показать, что при заданных условиях целесообразно проводить имитационное

моделирование, чтобы показать, что существует значительная разница между различными вариантами компоновок. Нахождение наиболее оптимальной компоновки для указанных рецептов – выходит за рамки данного исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1 Куликов И.Н. Автоматизированное формирование структур мультикластерных технологических комплексов // Теоретические и прикладные аспекты современной науки. 2014. № 2–1. С. 63–73

2 Куликов И.Н., Рябов В.Т., Шубников А.В. Имитационное моделирование кластерного технологического оборудования в полупроводниковом производстве // Наноинженерия. 2013. № 9 (27). С. 3–6

3 Куликов И.Н. Имитационное моделирование управления потоками полуфабрикатов в многокластерном технологическом комплексе. образование // Наука. научные кадры. 2015. №: 5. С. 271–275

4 Perkinson T., McLarty P., Gyurcsik R., Cavin R. Single-Wafer Cluster Tool Performance: An Analysis of Throughput // IEEE Trans. Semiconduct. Manufact. 1994. V. 7. № 3. P. 369–373.

5 Pederson D., Trout C. Demonstrated Benefits of Cluster Tool Simulation // Proc. Int. Conf. Modeling and Analysis Semicond. Manuf. Tempe. AZ. 2002. P. 84–89.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Игорь Н. Куликов аспирант, кафедра электронных технологий в машиностроении, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2 я Бауманская ул., 5/1, Москва, 105005, Россия, kulik19998@gmail.com

Леонид Л. Колесник к.т.н., доцент, кафедра электронных технологий в машиностроении, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, 2 я Бауманская ул., 5/1, Москва, 105005, Россия, l.kolesnik@m-i.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Игорь Н. Куликов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Леонид Л. Колесник консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

REFERENCES

1 Kulikov I. N. Automated formation of structures of multicluster technological complexes. *Teoreticheskie i prikladnye aspekty sovremennoj nauki* [Theoretical and applied aspects of modern science] 2014. no. 2–1. pp. 63–73. (in Russian)

2 Kulikov I. N., Ryabov V. T., Shubnikov A. V. Simulation modeling of cluster technological equipment in semiconductor production. *Nanoingheneriya* [Nanoengineering] 2013. no. 9-27. pp. 3–6. (in Russian)

3 Kulikov I. N. Simulation modeling of flow control of semi-finished products in a multicluster technological complex. Education. *Nauka nauchnye kadry* [Science. scientific personnel] 2015. no. 5. pp. 271–275

4 Perkinson T., McLarty P., Gyurcsik R., Cavin R. Single-Wafer Cluster Tool Performance: An Analysis of Throughput. *IEEE Trans. Semiconduct. Manufact.* 1994. vol. 7. no. 3. pp. 369–373.

5 Pederson D., Trout C. Demonstrated Benefits of Cluster Tool Simulation. *Proc. Int. Conf. Modeling and Analysis Semicond. Manuf. Tempe. AZ.* 2002. pp. 84–89

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Igor N. Kulikov graduate student, electronic technologies in mechanical engineering department, Bauman Moscow State Technical University, Baumanskaya str., 5/1, Moscow, 105005, Russia, kulik19998@gmail.com

Leonid L. Kolesnik Cand. Sci. (Engin.), associate professor, electronic technologies in mechanical engineering department, Bauman Moscow State Technical University, Baumanskaya str., 5/1, Moscow, 105005, Russia, l.kolesnik@m-i.ru

CONTRIBUTION

Igor N. Kulikov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism
Leonid L. Kolesnik consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.1.2018

ACCEPTED 4.2.2018

Моделирование процесса сушки вторичных продуктов разделки рыб и описание в модели основных процессов тепло- и влагопереноса

Ольга П. Дворянинова¹

Александр В. Соколов¹ sokol993@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Эффективность сушки во многом определяется возможностью оперативного управления этим процессом и поддержания режимных параметров на заданном уровне. В основе любой системы управления лежит математическое описание процесса. В работе рассмотрен процесс сушки вторичных продуктов разделки рыб, как объект возможного моделирования и математического описания сложных физических явлений тепло- и влагопереноса. Для моделирования процессов тепло- и влагопереноса используется метод, базирующийся на основе общепринятых уравнений тепло- и влагопереноса А.В. Лыкова. Для удобства моделирования и многократного проведения компьютерных экспериментов разработана компьютерная программа «Программа для моделирования сушки продуктов из рыбы с дополнительным СВЧ-нагревом» на языке Object Pascal в интегрированной среде программирования Borland Delphi 7. Программа предназначена для моделирования процесса сушки продуктов из рыбы путем решения задачи тепло- и влагопереноса на кубической сетке с учетом комбинированной технологии нагрева (конвективный и СВЧ-нагрев). Программа может использоваться для оптимизации режимов сушки и параметров СВЧ-источника. В тексте программы могут быть заданы теплофизические параметры для решения задачи тепло- и влагопереноса, геометрические параметры и структура частей рыбы, параметры СВЧ-источника. В процессе компьютерного эксперимента по сушке продуктов из рыбы программа регулярно выводит на экран компьютера графики и картограммы пространственного распределения влажности и температуры. Основные технические характеристики программы: количество узлов сетки для решения задачи тепло- и влагопереноса: 50x50x40; ориентировочное время проведения одного компьютерного эксперимента около 5 мин.

Ключевые слова: модель, сушка, рыбный продукт

Simulation of drying process of secondary products of fish cutting and description of the main processes of heat and moisture transfer in the model

Olga P. Dvoryaninova¹

Aleksandr V. Sokolov¹ sokol993@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The effectiveness of drying is largely determined by the ability to quickly manage this process and maintain the regime parameters at a given level. At the heart of any control system is a mathematical description of the process. The paper discusses the process of drying secondary products of fish cutting, as an object of possible modeling and mathematical description of complex physical phenomena of heat and mass transfer. To simulate the processes of heat and moisture transfer, a method based on the generally accepted equations of heat and moisture transfer A.V. Lykova is used. For the convenience of modeling and repeated computer experiments, the computer program "Program for modeling the drying of fish products with additional microwave heating" in the language of Object Pascal in the integrated programming environment Borland Delphi 7 was developed. The program is designed to simulate the drying process of fish products by solving the problem of heat - and moisture transfer on a cubic grid, taking into account the combined heating technology (convective and microwave heating). The program can be used to optimize the drying modes and parameters of the microwave source. In the text of the program, the thermophysical parameters can be given to solve the problem of heat and moisture transfer, the geometric parameters and structure of the fish parts, the parameters of the microwave source. In the process of computer experiment on drying products from fish, the program regularly displays on the computer screen the graphs and cartograms of the spatial distribution of humidity and temperature. The main technical characteristics of the program: the number of grid nodes for solving the problem of heat and moisture transfer: 50 x 50 x 40; the approximate time of one computer experiment is about 5 minutes.

Keywords: model, drying, fish product

Для цитирования

Дворянинова О.П., Соколов А.В. Моделирование процесса сушки вторичных продуктов разделки рыб и описание в модели основных процессов тепло- и влагопереноса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 125–129. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-125-129

For citation

Dvoryaninova O.P., Sokolov A.V. Simulation of drying process of secondary products of fish cutting and description of the main processes of heat and moisture transfer in the model. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 125–129 (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-125-129

Сушка – это процесс удаления влаги из твердого или пастообразного материала путем испарения содержащейся в нем жидкости за счет подведенного к материалу тепла. Целью сушки является улучшение качества материала (снижение его объемной массы, повышение прочности) и, в связи с этим, увеличение возможностей его использования.

Сушка характеризуется различной интенсивностью перемещения влаги внутри материала (влагопроводность) и последующего ее испарения с поверхности (влагообмен). Главная трудность сушильного процесса заключается в перемещении влаги из средней зоны сортамента. Эффективность сушки во многом определяется возможностью оперативного управления этим процессом и поддержания режимных параметров на заданном уровне [1–2].

В основе любой системы управления лежит математическое описание процесса. В работе рассмотрен процесс сушки вторичных продуктов разделки рыб, как объект возможного моделирования и математического описания сложных физических явлений тепло-массопереноса.

Для моделирования процессов тепло- и влагопереноса используется метод, базирующийся на основе общепринятых уравнений тепло- и влагопереноса А.В. Лыкова. Уравнения сушки капиллярно-пористого тела в векторной форме могут быть записаны следующим образом [3, 5]:

$$\begin{cases} C_s \frac{\partial T}{\partial t} - \varepsilon \frac{\partial W}{\partial t} = \nabla(\lambda \nabla T) - C(D \nabla W + D_T \nabla T) \nabla T + Q_{свч}(W, T); \\ (1 - \varepsilon) \frac{\partial W}{\partial t} = \nabla(D \nabla W) + \nabla(D_T \nabla T), \end{cases} \quad (1)$$

где C_s – теплоемкость среды; T и W – температура и влажность; ε – критерий фазового превращения жидкости в пар, определяемый как отношение изменения влагосодержания посредством испарения и конденсации к изменению влагосодержания за счет переноса жидкости; $\nabla = \partial/\partial x \vec{i} + \partial/\partial z \vec{k}$ – дифференциальный оператор набла; λ – локальный коэффициент теплопроводности; C – теплоемкость жидкости; D, D_T – коэффициенты, характеризующие данное пористое тело и определяемые эмпирически; $Q_{свч}$ – теплота, выделяющаяся в среде под действием СВЧ-излучения.

Уравнения (1) для процесса сушки частей рыбы являются чрезвычайно сложными и не допускают аналитического решения путем

введения сколько-нибудь обоснованных допущений, так как большинство переменных в уравнениях являются функциями как координат, так и времени (рисунок 1): $T(x, y, z, t)$; $W(x, y, z, t)$; $C_s(x, y, z, t)$; $C(x, y, z, t)$; $\varepsilon(x, y, z, t)$; $\lambda(x, y, z, t)$; $D(x, y, z, t)$; $D_T(x, y, z, t)$; $Q_{свч}(x, y, z, t)$. Поэтому в данной работе обсуждаемые уравнения решаются с использованием численных конечно-разностных методов на кубической сетке, которой покрывается исследуемая часть рыбы (голова, кости и т. п.) в модели. В обоих случаях каждый узел (i, j, k) продукта из рыбы и окружающей среды характеризуется температурой $T_{i,j,k}$ и содержанием влаги $W_{i,j,k}$.

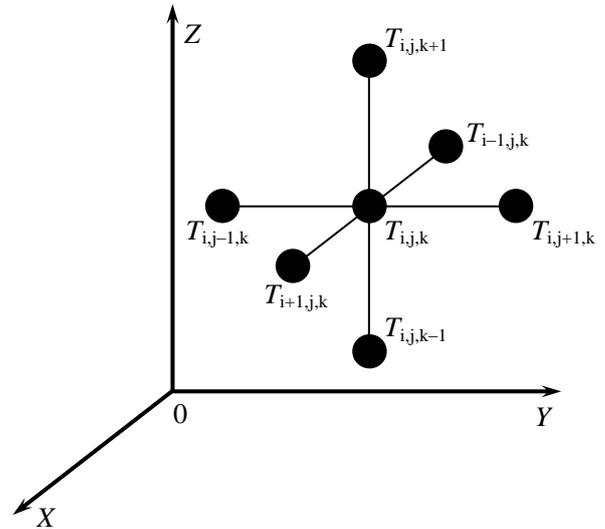


Рисунок 1. Схема индексации узлов сетки к расчету тепло- и влагопереноса

Figure 1. The scheme of indexing grid nodes to the calculation of heat and moisture transfer

В упрощенной конечно-разностной (сеточной) постановке задачи уравнение (2) преобразуется следующим образом. На каждом шаге интегрирования τ рассчитывается новое значение температуры и содержания влаги узла (i, j, k) , по следующим итерационным формулам

$$\frac{T_{i,j,k}^{\tau+1} - T_{i,j,k}^{\tau}}{\Delta t} = \frac{\chi_{i,j,k}}{h} \times \left(\begin{aligned} &T_{i+1,j,k}^{\tau} + T_{i-1,j,k}^{\tau} + \\ &+ T_{i,j+1,k}^{\tau} + T_{i,j-1,k}^{\tau} + \\ &+ T_{i,j,k+1}^{\tau} + T_{i,j,k-1}^{\tau} - 6T_{i,j,k}^{\tau} \end{aligned} \right) + Q_{i,j,k}^{свч} \quad (2)$$

$$\frac{W_{i,j,k}^{\tau+1} - W_{i,j,k}^{\tau}}{\Delta t} = \frac{D^0}{h} e^{k_D(T_{i,j,k}^{\tau})} \times \left(W_{i+1,j,k}^{\tau} + W_{i-1,j,k}^{\tau} + W_{i,j+1,k}^{\tau} + W_{i,j-1,k}^{\tau} + W_{i,j,k+1}^{\tau} + W_{i,j,k-1}^{\tau} - 6W_{i,j,k}^{\tau} \right) \quad (3)$$

где Δt – шаг интегрирования по времени; D^0 – коэффициент диффузии влаги при комнатной температуре; k_D – коэффициент экспоненциального роста коэффициента диффузии; χ – коэффициент температуропроводности.

К настоящему времени относительно хорошо изучена зависимость коэффициента температуропроводности различных частей рыбы от влажности и температуры. Поэтому в настоящей работе использованы зависимости $\chi(W, T)$ из справочника. Так, например, для мяса рыбы может быть использована зависимость

$$\chi(W, T) = 2,49 \cdot 10^{-7} - 5,9 \cdot 10^{-10} W + 2,7 \cdot 10^{-9} (T - 273), \quad (4)$$

где влажность W измеряется в процентах, температура T – в Кельвинах, коэффициент температуропроводности в m^2/c .

Постепенно в модели температура и влагосодержание каждого узла изменяются. Узлы, контактирующие с окружающим воздухом способны обмениваться теплом и влагой не только с соседними узлами, но также и с узлами окружающей газовой среды. В этом случае переход тепла и влаги из граничных узлов в окружающую среду рассчитывается по тем же итерационным формулам, однако, с различными параметрами χ и D^0 для соседних узлов

В модели принято допущение, что СВЧ-излучение распределено равномерно в пространстве, а тепловыделение в узлах тканей рыбы монотонно увеличивается с увеличением влажности в данном узле, так как с увеличением влажности увеличивается электропроводность вещества. Поэтому количество теплоты, выделяющееся в узле (i, j, k) за счет СВЧ-излучения рассчитывается в модели следующим образом.

$$Q_{i,j,k}^{СВЧ} = \frac{P_{i,j,k}}{c_{i,j,k} m_{i,j,k}} = \frac{P}{c_{i,j,k} m_{i,j,k}}, \quad (5)$$

где $P_{i,j,k}$ – мощность, подводимая к узлу (i, j, k) ; $c_{i,j,k}$ и $m_{i,j,k}$ – удельная теплоемкость и масса узла

(i, j, k) ; P – мощность СВЧ-печи; суммирование в формуле производится по всем узлам сетки.

Необходимо подчеркнуть, что в отличие от существующих научных работ по сушке рыбы и продуктов из нее, в настоящей работе уравнения сушки решаются с высокой пространственной детализацией (учитывается структура частей рыбы) и временной детализацией (основные функции и коэффициенты уравнений зависят от положения в пространстве \vec{r} и от времени t) [4, 6].

По общепринятой классификации, предлагаемая модель является алгоритмической, но не аналитической. Это означает, что выходные характеристики модели рассчитываются по входным не путем аналитических преобразований, которые не применимы для дискретных систем, в частности системы пузырьков, а путем дискретизации (пространственной и временной) и соответствующего алгоритма расчета [7–10].

Расчет по приведенным выше формулам является довольно громоздким и включает в себя три цикла, вложенных один в другой: по номеру компьютерного эксперимента, по номеру временного шага и по номеру узла.

Для удобства моделирования и многократного проведения компьютерных экспериментов разработана компьютерная программа «Программа для моделирования сушки продуктов из рыбы с дополнительным СВЧ-нагревом» на языке ObjectPascal в интегрированной среде программирования BorlandDelphi 7. Программа предназначена для моделирования процесса сушки продуктов из рыбы путем решения задачи тепло- и влагопереноса на кубической сетке с учетом комбинированной технологии нагрева (конвективный и СВЧ-нагрев).

Программа может использоваться для оптимизации режимов сушки и параметров СВЧ-источника. В тексте программы могут быть заданы теплофизические параметры для решения задачи тепло- и влагопереноса, геометрические параметры и структура частей рыбы, параметры СВЧ-источника. В процессе компьютерного эксперимента по сушке продуктов из рыбы программа регулярно выводит на экран компьютера графики и картограммы пространственного распределения влажности и температуры (рисунок 2).

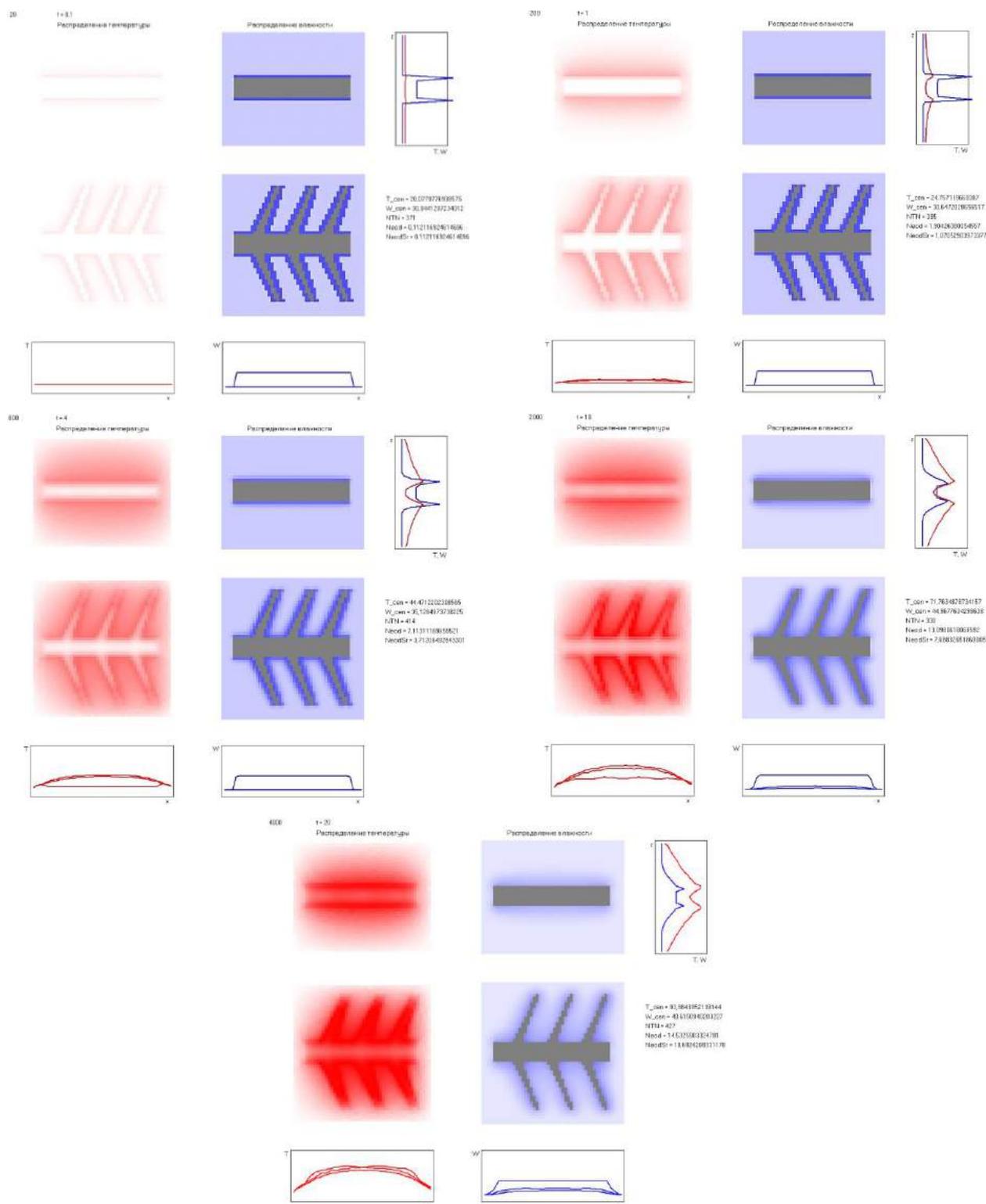


Рисунок 2. Вывод на экран компьютера результатов решения задачи тепло- и влагопереноса в разработанной программе

Figure 2. Output on the computer screen the results of solving the problem of heat and moisture transfer in the developed program

Основные технические характеристики программы:

— количество узлов сетки для решения задачи тепло- и влагопереноса: $50 \times 50 \times 40$;

— ориентировочное время проведения одного компьютерного эксперимента около 5 мин (при тактовой частоте процессора 3 ГГц).

ЛИТЕРАТУРА

1 Ершов М.А., Ершов А.М., Гроховский В.А. Расчет процессов релаксации при обезживании рыбы // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3. С. 37–43.

2 Кретов И.Т., Шашкин А.И., Шахов С.В., Черных В.Б. и др. Моделирование процесса вакуум-сублимационной сушки пищевых продуктов в поле СВЧ. // Известия вузов. Пищевая технология. 2003. № 5–6. С. 65–68.

3 Антипов С.Т., Шахов А.С. Моделирование процесса вакуум-сублимационной сушки гранулированных продуктов // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 3 (69). С. 56–60.

4 Антипова Л.В., Дворянинова О.П., Соколов А.В., Прибытков А.В. и др. Подбор сырьевой композиции и исследование процесса конвективной сушки продуктов глубокой переработки рыб при производстве сухих основ для бульонов // Рыбное хозяйство. 2014. № 5. С. 96–99.

5 Пат. № 2501490 Российская Федерация, МПК А23L1/326. Способ получения сухой основы для бульонов, супов и соусов быстрого приготовления из малоценных продуктов разделки прудовых рыб / Антипова Л.В., Дворянинова О.П., Данылиев М.М. и др. Заявл. 15.07.2011; Оpubл. 20.12.2013, Бюл. № 35. 7 с.

6 Антипова Л.В., Воронцова Ю.Н., Баранов А.Ю., Буданцев Е.В. Сушка малоценных продуктов разделки рыб при производстве сухих основ для бульонов, супов и соусов быстрого приготовления // Вестник ВГУИТ. 2012. № 3. С. 12 – 16.

7 Chemkhi S., Zagrouba F., Bellagi A. Modelling and simulation of drying phenomena with rheological behaviour // Braz. J. Chem. Eng. 2005. V. 22. № 2. P. 153–163.

8 Hubackova A. et al. Development of solar drying model for selected Cambodian fish species // The Scientific World Journal. 2014.

9 Raffray G., Sebastian P., Collignan A. Simulation model for the optimization of a radiant plate hot-smoking process // Journal of Food Engineering. 2015. V. 147. P. 56–67.

10 Ngo V. T. N. et al. Application of the Box-Behnken Model Design to the Optimization of Process Parameters in the Convection-Drying // AETA 2017-Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences: Theory and Application. 2017. V. 465. P. 83.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ольга П. Дворянинова д.т.н., профессор, кафедра управления качеством и машиностроительных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Александр В. Соколов к.т.н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительных технологий, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, sokol993@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

REFERENCES

1 Ershov M.A., Ershov A.M., Grokhovsky V.A. Calculation of relaxation processes in the dehydration of fish. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technology] 2016. no. 3. pp. 37–43. (in Russian)

2 Kretov I.T., Shashkin A.I., Shakhov S.V., Chernykh V.B. et al. Modeling the process of vacuum-sublimation drying of food products in the microwave field. *Izvestiya vuzov* [Proceedings of universities. Food technology] 2003. no. 5-6. pp. 65–68. (in Russian)

3 Antipov S.T., Shakhov A.S. Modeling of the process of vacuum-freeze drying of granular products. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2016. no. 3 (69). pp. 56–60. (in Russian)

4 Antipova L.V., Dvoryaninova O.P., Sokolov A.V., Pribytkov A.V. Selection of a raw composition and study of the process of convective drying of products of deep processing of fish in the production of dry bases. *Rybnoe khozyaistvo* [Fishery] 2014. no. 5. pp. 96–99. (in Russian)

5 Antipova L.V., Dvoryaninova O.P., Danyliv M.M. Sposob ppolucheniya sukhoi osnovy dlya bul'ona [A method for obtaining a dry basis for broths, soups and quick-cooking sauces from low-value products of cutting pond fish] Patent RF, no. 2501490, 2013. (in Russian)

6 Antipova L.V., Vorontsova Yu.N., Baranov A.Yu., Budantsev E.V. Drying of low-value fish cutting products in the production of dry bases for broths, soups and instant sauces. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2012. no. 3. pp. 12 - 16. (in Russian)

7 Chemkhi S., Zagrouba F., Bellagi A. Modelling and simulation of drying phenomena with rheological behavior. *Braz. J. Chem. Eng.* 2005. vol. 22. no. 2. pp. 153–163.

8 Hubackova A. et al. Development of solar drying model for selected Cambodian fish species. *The Scientific World Journal.* 2014.

9 Raffray G., Sebastian P., Collignan A. Simulation model for the optimization of a radiant plate hot-smoking process. *Journal of Food Engineering.* 2015. vol. 147. pp. 56–67.

10 Ngo V. T. N. et al. Application of the Box-Behnken Model Design to the Optimization of Process Parameters in the Convection-Drying. *AETA 2017-Recent Advances in Electrical Engineering and Related Sciences: Theory and Application.* 2017. vol. 465. pp. 83.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Olga P. Dvoryaninova Dr. Sci. (Engin.), professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Aleksandr V. Sokolov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and engineering technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, sokol993@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.1.2018

ACCEPTED 4.2.2018

Проектирование производства ассортимента строительных материалов на основе методов системного анализа

Дарья Н. Кривоги́на¹ darya.krivogina@gmail.com

¹ Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Комсомольский пр., д. 29, г. Пермь, 614990, Россия

Реферат. Выполнен анализ современного подхода к выбору технологических процессов производства изделий из тяжелого бетона и представлены его слабые стороны. Доказано, что технологический процесс как объект является слабо структурированной системой из-за большой степени неопределенности, связанной с человеческим фактором. Установлено, что одним вариантом решения данной проблемы может являться разработка нового ассортиментного подхода к выбору ТПП СМ, отличающегося предполагаемым учетом функционального назначения и условий эксплуатации строительных конструкций в объекте недвижимости. Разработана концепция выбора оптимальных ТППСМ, отличающаяся предполагаемым учетом функционального назначения и условий эксплуатации строительных конструкций объектов недвижимости. Разработаны технологии математической постановки и решения задач оптимизации технологических процессов производства ассортимента строительных материалов, отличающиеся повышением степени структурированности системных связей с внешними подсистемами на основе типовых механизмов субъектно-ориентированного учета функционального назначения и условий эксплуатации строительных конструкций, а также стандартных алгоритмов поиска оптимальных решений для заданного типа ассортимента. Выполнена оценка эффективности ассортиментного подхода к задаче оптимизации ТПП СМ, включающая сравнение характеристик материала, полученных в результате использования современного подхода, ассортиментного подхода по заданным параметрам управления и ассортиментного подхода с расширением множества существенных альтернатив ТПП СМ. Данная оценка показала, что более перспективные альтернативы по качественному содержанию характеристик материала находятся за пределами области нормативных требований и нуждаются в обосновании.

Ключевые слова: технологический процесс производства строительных материалов, структурные связи, неопределенность, функциональное назначения, условия эксплуатации, оптимизация производства

Design of production of the range of construction materials on the basis of methods of the system analysis

Dar'ya N. Krivogina¹ darya.krivogina@gmail.com

¹ Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russia

Summary. The analysis of the modern approach to the choice of technological processes of production of heavy concrete products and its weaknesses were shown. It is proved that the technological process as an object is a weakly structured system due to the large degree of uncertainty associated with the human factor. It is established that development of new assortment approach to the choice of technological process of the production of construction materials differing in alleged accounting of functional purpose and service conditions of building constructions in a real estate object can be one version of the solution of this problem. The concept of the choice of optimum technological processes of production of construction materials distinctive in alleged accounting of functional purpose and service conditions of building constructions of real estate objects is developed. The technologies of mathematical statement and the solution of problems of optimization of technological processes of production of the range of construction materials differing in increase in degree of structure of system liaisons with external subsystems on the basis of standard mechanisms of the subject focused accounting of functional purpose and service conditions of building constructions and also standard algorithms of search of optimal solutions for defined the range are developed. Assessment of efficiency of assortment approach to a problem of optimization of technological processes of production of the range of construction materials including comparison of the characteristics of material received as a result of use of modern approach, assortment approach in the set parameters of management and assortment approach with expansion of a set of essential alternatives of technological process of production of the range of construction materials is executed. This assessment has shown that more perspective alternatives on qualitative content of characteristics of material are outside area of normative requirements and need justification.

Keywords: technological process of production of building materials, structural connections, uncertainty, functional purpose, operating conditions, production optimization

Введение

Подсистемы строительной отрасли: поставки сырья, управление технологическим процессом производства и качеством строительных материалов и изделий, а также функциональным назначением и условиями эксплуатации в совокупности являются сложной системой. Данная система имеет иерархичную структуру и включает в себя большое число взаимосвязанных между собой элементов. Среди вышеперечисленных подсистем технологический процесс производства строительных материалов (ТПП СМ) является

центральным и достаточно сложным объектам по аспектам структурной, функциональной сложности и сложности поведения, предполагает модульное построение (рассмотрение как совокупность выделенных модулей), поэтому его необходимо исследовать при помощи применения методов системного анализа. В рамках реализации технологического процесса производства строительных материалов участвуют комплексные бригады, которые включают рабочих с различными специальностями, различные многофункциональные машины и оборудование.

Для цитирования

Кривоги́на Д.Н. Проектирование производства ассортимента строительных материалов на основе методов системного анализа // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 130–137. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-130-137

For citation

Krivogina D.N. Design of production of the range of construction materials on the basis of methods of the system analysis. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 130–137. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-130-137

Деятельность всех этих элементов взаимосвязана и имеет слабую структурированность, в виду неопределенности, связанной с человеческим фактором, ведь каждый участник производства имеет свое представление о конечном продукте и оказывает соответствующее воздействие на технологический процесс. Это приводит к тому, что современный выбор оптимальных технологических процессов строится на принципе унификации, за счет установления области нормативных требований $\sigma^{норм}$ к характеристикам строительных материалов (x_1, x_2, \dots, x_m) и удержании в ней результатов производства(1).

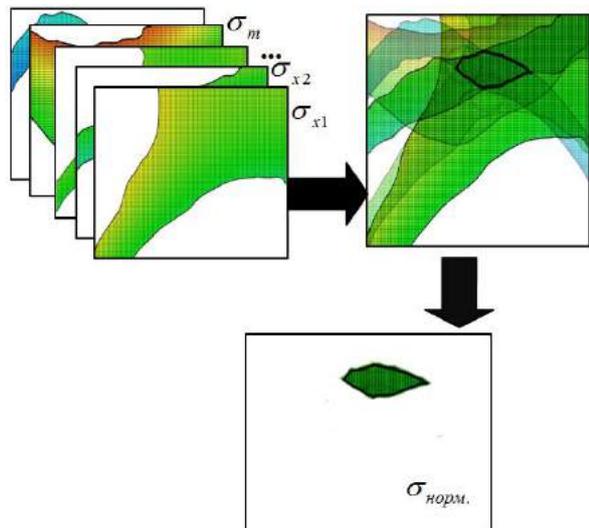


Рисунок 1. Установление области нормативных требований к характеристикам материала

Figure 1. Establishment of the area of regulatory requirements to the characteristics of the material

$$\sigma_{норм.} = \bigcap_{m=1}^M \sigma_{норм.}^m \quad (1)$$

где $\sigma_{норм.}^m$ – множество ТПП СМ, соответствующих нормативным требованиям.

Следует отметить, что в реальных условиях эксплуатации все строительные конструкции подвержены различным нагрузкам и воздействиям. Однако принцип унификации этого не учитывает (рисунок 1). Поэтому можно выдвинуть гипотезу о том, что для любого применения строительной конструкции в объекте недвижимости, методами системного анализа [2,3,7, 8] можно учесть эксплуатационные воздействия и обосновать субъектно-ориентированный выбор оптимального ТПП СМ. Это позволит повысить степень структурированности системных связей между участниками производства, включая производственные отношения с поставщиками исходного сырья.

Отсюда можно сделать вывод об актуальности производства ассортимента строительных материалов, характеристики которого должны

удовлетворять не универсальной нормативной области, а конкретному функциональному назначению и условиям эксплуатации. Под ассортиментом строительных материалов будем понимать хорошо подобранный состав однородной по технологии производства продукции, каждый элемент которого отличается постановкой и решением многокритериальной системной задачи выбора, связанной с функциональным назначением и условиями эксплуатации конструкции в объекте недвижимости.

Для реализации предложенного ассортиментного подхода к выбору ТПП СМ необходимо:

- сформулировать концепцию выбора оптимальных технологических процессов производства ассортимента строительных материалов;
- разработать модель множества допустимых технологических процессов производства ассортимента строительных материалов;
- разработать технологию математической постановки и решения задач оптимизации технологических процессов производства ассортимента строительных материалов.

Концепция выбора оптимальных технологических процессов производства строительных материалов

Процесс реализации технологического процесса предлагается осуществлять на основе разработанной концепции субъектно-ориентированной оптимизации технологических процессов производства ассортимента строительных материалов (рисунок 2). Данная концепция реализуется на основе симбиоза аналитических методов и компьютерного моделирования и состоит из нескольких поэтапно реализуемых шагов:

- определение свойств материалов (характеристик);
- определение факторов управления ТПП СМ и установление зависимостей свойств от рецептурно-технологических параметров (построение уравнений регрессии);
- построение двух наборов матриц – массивов с установлением шага дискретности между ячейками и заполнением характеристиками материала с позиции предпочтений двух участников производства: потребителя и производителя, имеющих различное представление о привлекательности конечного продукта;
- перевод физических значений характеристик материала из фазового пространства в безразмерное квалиметрическое с помощью построения участниками производства функций приведения (ФП) к стандартной шкале комплексного оценивания – к интервалу [1, 4], дискретные значения которого интерпретируется следующим образом: 1 – «неудовлетворительно», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо», 4 – «отлично» [1].

— осуществление процедуры субъектно-ориентированного ценообразования на основе моделирования предпочтений участников производства [5] в отношении ожидаемой нормы прибыли производителем и показателей качества изделия потребителем;

— осуществление процедуры усечения недопустимых областей массива производителя и формирование нового массива $M_{\tilde{x}}$, содержащего соответствующие заданным требованиям по функциональному назначению и условиям эксплуатации альтернативы ТПП СМ;

— проведение процедуры оптимизации в отношении требуемых характеристик при помощи разработки алгоритма поиска ТПП СМ, осуществляющего выбор из множества альтернатив управления дозировкой ограниченно заданное количество рецептов, которые обеспечивают максимальные значения комплексной оценки качества материала.

— оценка эффективности ассортиментного подхода к задаче оптимизации ТПП СМ.

Реализацию предложенной концепции рассмотрим на примере выбора оптимального ТПП СМ для изготовления плиты перекрытия из бетона по заданным требованиям.

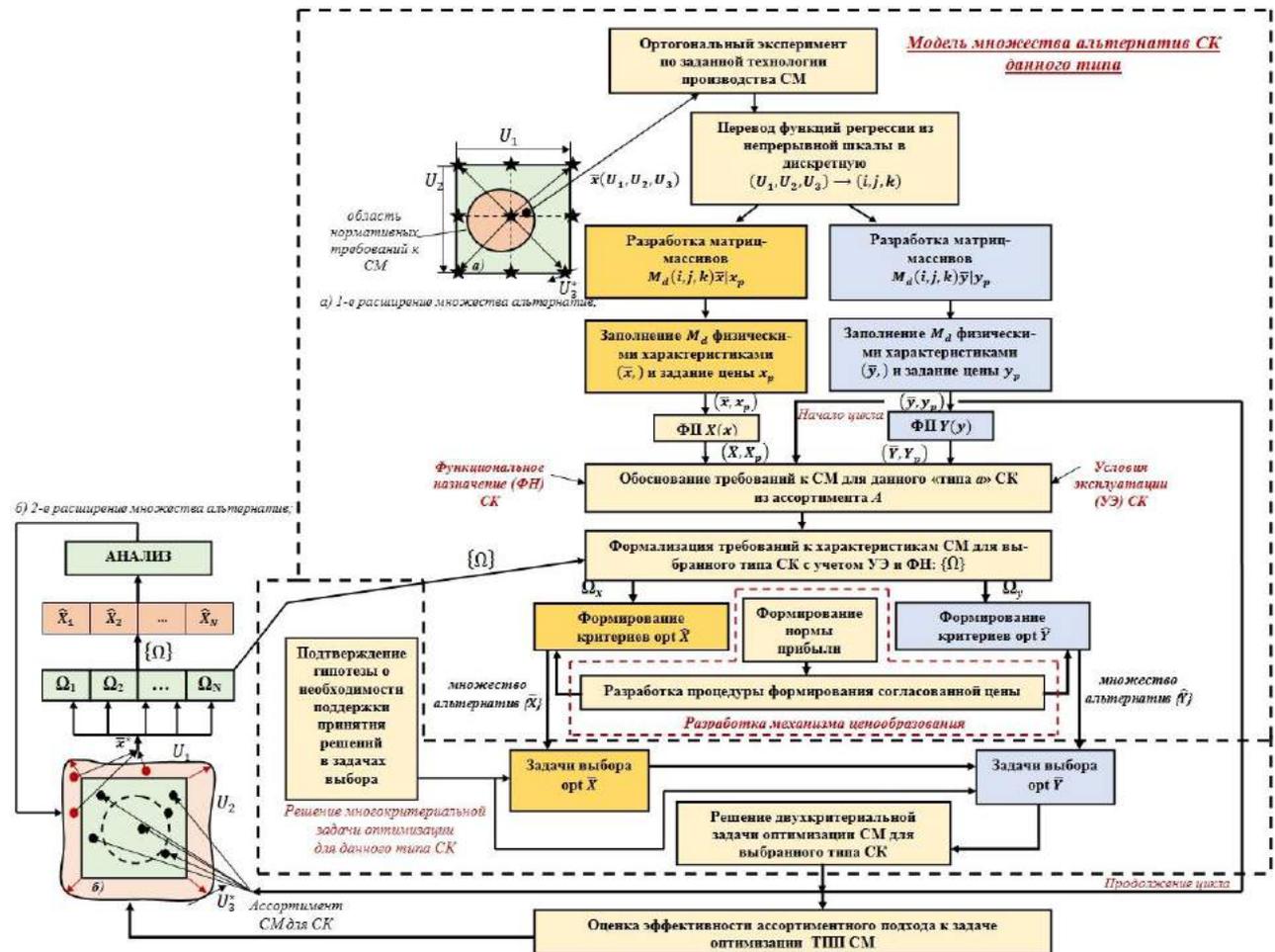


Рисунок 2. Концепция субъектно-ориентированной оптимизации технологических процессов производства ассортимента строительных материалов

Figure 2. The concept of subject-oriented optimization of technological processes of production of the range of building materials

Модельный пример выбора оптимального ТПП СМ для изготовления плиты перекрытия из бетона по заданным требованиям

Для построения математической модели технологического процесса дозирования компонентов были выбраны следующие факторы

управления: U_1 – водоцементное отношение (В/ц); U_2 – соотношение между крупным и мелким заполнителем, песка и щебня максимальной крупностью 20 мм(г); U_3 – содержание повышающей морозостойкость суперпластифицирующей добавки ПФМ-НЛК, % от массы цемента с интервалами варьирования(таблица 1).

Таблица 1.
Факторы управления и интервалы их варьирования

Table 1.
Control factors and their variation intervals

Код Code	Исследуемые факторы Factors studied		
	U_1	U_2	U_3
Верхний уровень Top level	0,77	0,8	0,7
Средний уровень Average level	0,6	0,65	0,5
Нижний уровень Lower level	0,43	0,4	0,3

В результате проведения эксперимента и обработки данных были получены уравнения регрессии по следующим характеристикам материала: прочность при сжатии $x^{R_{сж}}$, морозостойкость x^F , водонепроницаемость x^W , плотность x^P и удобоукладываемость смеси x^{OK} . Данный перечень характеристик рассматривается с позиции потребителя (рисунок 3). В качестве основных характеристик материала, отражающих предпочтения производителя, были определены такие как, затраты на исходные компоненты при смесеобразовании y_1 и производственные издержки y_2 . Данные характеристики также зависят от заданных параметров управления и определяются соответствующими методиками расчета(рисунок 4).

На следующем этапе построения модели множества альтернатив на основе полученных уравнений регрессии, описывающих изменение показателей качества бетона от выбранных факторов, при помощи программного продукта Декон СМ были построены два набора матриц – массивов с шагом дискретности ячеек 20×20 .

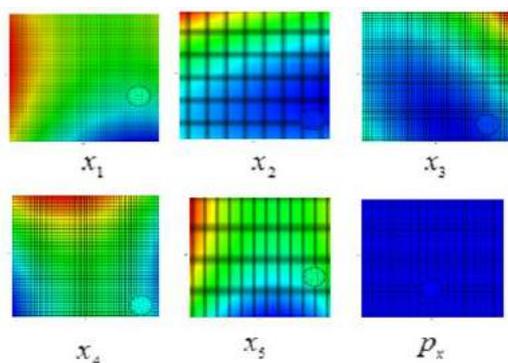


Рисунок 3. Матрицы-массивы, заполненные характеристиками потребителя

Figure 3. Matrices-arrays filled with consumer characteristics

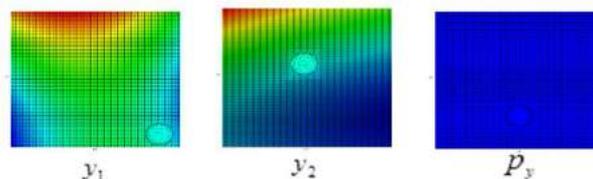


Рисунок 4. Матрицы-массивы, заполненные характеристиками производителя

Figure 4. Matrices-arrays filled with manufacturer characteristics

Характеристикой материала, отражающей интересы обоих участников, является его цена. На данном этапе построения модели множества альтернатив, сведения о конечной цене каждого ТПП СМ из всего множества альтернатив отсутствуют, поэтому всем ячейкам присваивается нулевое значение. Далее экспертами строятся функции приведения на полном множестве представления альтернатив ТПП СМ и проводится анализ эффективности полученных технологических процессов по комплексному критерию качества и базовой согласованной цене.

На основе поступивших от специалистов эксплуатационных требований к строительным конструкциям (таблица 2) и материалам (таблица 3), предназначенным для их изготовления, осуществляется процедура усечения подобластей с недопустимыми технологическими процессами в матрицах-массивах производителя.

Таблица 2.
Эксплуатационные требования к строительным конструкциям

Table 2.
Operational requirements for building constructions

№	Эксплуатационные воздействия Operational impacts	Ед. изм.	
Плита перекрытия № 1 Floor plate № 1			
1	Статические и динамические нагрузки Static and dynamic loads	16,7	кН/см ²
2	Шумы и звуки Noises and sounds	<49	Дцб.
3	Перепады температуры Temperature difference	≥F 150	циклы

Таблица 3.

Требования к материалам для изготовления строительных конструкций

Table 3.

Material requirements for the manufacture of building constructions

№ <i>x</i>	Прочность, МПа Strength, MPa	Плотность, кг/м ³ Density, kg/m ³	Морозостойкость, циклы Frost resistance, cycles	Водонепроницаемость Watertightness
1	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 \geq 28$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2100$	–	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4 > 2$
2	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 > 10$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2400$	–	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4 > 4$
3	$x_1 \rightarrow \max$ $x_1 > 10$	$x_2 \rightarrow \min$ $x_2 < 2150$	$x_3 \rightarrow \max$ $x_3 > 200$	$x_4 \rightarrow \max$ $x_4 \geq 4$
$x_1^{\max} \geq 28$; $x_2 < 2400$; $x_3 > 150$; $x_4^{\max} > 6$; $\hat{X}_{1,4} = (K_1 x_1 + K_2 x_2 + K_3 x_3) \rightarrow \max$				

На основе заданных ограничений к характеристикам материала осуществляется процесс определения подходящих ТПП СМ путем усечения недопустимых областей массива производителя и формирования нового массива $M_{\hat{x}}$, содержащего допустимые альтернативы

ТПП СМ. Процесс усечения осуществляется при помощи стандартных программ [10,11].

В результате применения процедуры усечения подобластей массива ТПП СМ потребителя были получены три допустимые альтернативы (таблица 4).

Таблица 4.

Допустимые альтернативы и их характеристики

Table 4.

Acceptable alternatives and their characteristics

№ ТПП СМ	Характеристики потребителя Consumer's characteristics				Характеристики производителя Manufacturer specifications	
	Прочность при сжатии Compressive strength	Плотность Density	Морозо-стой- кость Frost resistance	Водонепроницаемость Watertightness	Затраты на ком- поненты The costs of the components	Производственные издержки Production costs
1	30.12	2450	244.56	6.95	2524	3183
2	30.21	2450	256.34	6.83	2475	3113
3	30.05	2445	242.11	6.37	2446	3069

Для данных альтернатив ТПП СМ на основе использования механизмов субъектно-ориентированного ценообразования экспертами были получены следующие согласованные цены (рисунок 5). Ценовая привлекательность

альтернатив технологического процесса производства для каждого участника ценообразования устанавливалась на основе пошагового увеличения нормы прибыли от 0 до 60 % от себестоимости изделия.

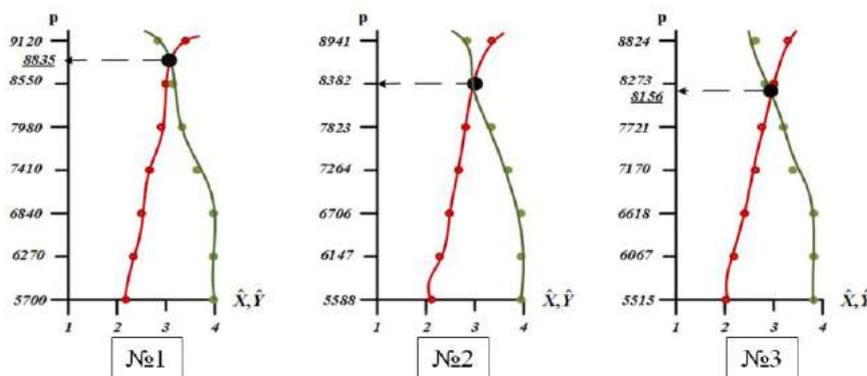


Рисунок 5. Субъектно-ориентированное ценообразование для заданных альтернатив

Figure 5. Subject-oriented pricing for defined alternatives

Далее осуществляется процедура оптимизации основных детерминантов качества продукции: $\hat{X}_{1,4} = (K_1x_1 + K_2x_4 + K_3x_p) \rightarrow \max$. При помощи программного продукта «Джобс-Декон» [6] строятся функции приведения для всех востребованных характеристик материала и поочередно задаются взвешенные коэффициенты, сначала для характеристик материала потребителя, а затем, при необходимости, для характеристик материала с позиции производителя. Функции приведения строятся индивидуально на основе предпочтений конкретного субъекта в отношении качества готового изделия и его дальнейшей эксплуатации.

После проведения процедуры ранжирования были получены модели предпочтений для потребителя (2) и производителя (3):

$$\hat{X} = 0.43 X_1 + 0.18 X_2 + 0.38 X_3 \quad (2)$$

$$\hat{Y} = 0.25 Y_1 + 0.32 Y_2 + 0.43 Y_3 \quad (3)$$

После осуществления процедуры комплексного оценивания полученных альтернатив (рисунок 6) выявили, что наибольшую комплексную оценку, в данном случае имеет альтернатива под № 3.



Рисунок 6. Комплексное оценивание альтернатив потребителем

Figure 6. Comprehensive assessment of alternatives by the consumer

В случае невозможности определения оптимальной альтернативы потребителем, ввиду одинаковых комплексных оценок у нескольких альтернатив ТПП СМ, процесс ее назначения осуществляется на основе предпочтений производителя (рисунок 7) или автоматически по признаку максимизации или минимизации адресации ячеек.

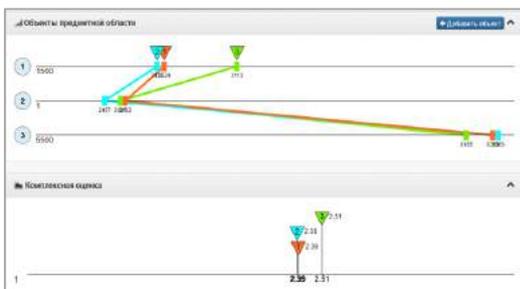


Рисунок 7. Комплексное оценивание альтернатив производителем

Figure 7. Comprehensive assessment of alternatives by the manufacturer

Данный процесс трудоемок в случае большого количества альтернатив, поэтому с целью упрощения данной процедуры, был разработан алгоритм поиска ТПП СМ (рисунок 8). Представленный алгоритм осуществляет выбор из множества альтернатив управления дозировкой ограниченно заданное количество рецептов, которые обеспечивают максимальные значения комплексной оценки качества материала в соответствии с заданными требованиями.

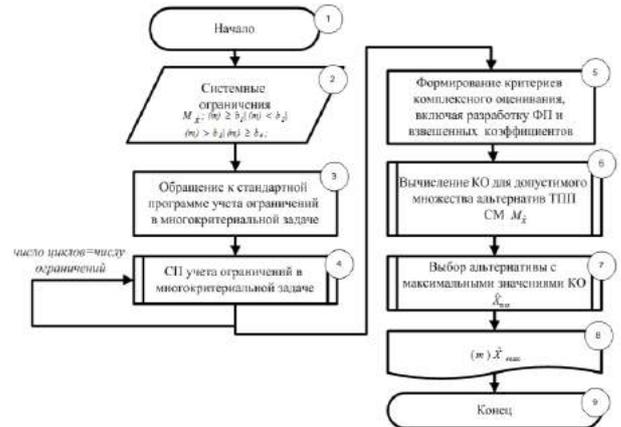


Рисунок 8. Блок-схема алгоритма поиска оптимальных альтернатив в рамках решения многокритериальной задачи оптимизации

Figure 8. Block diagram of the algorithm for finding optimal alternatives in solving a multi-criteria optimization problem

Выполняемая по завершении цикла оценка эффективности ассортиментного подхода к задаче оптимизации ТПП СМ, включающая сравнение характеристик материала, полученных в результате использования современного подхода, строящегося по принципам унификации (I), предложенного авторами ассортиментного подхода по заданным параметрам управления (II) и ассортиментного подхода с расширением множества существенных, имеющих перспективу использования альтернатив ТПП СМ, за счет расширения области варьирования выбранных параметров управления ТПП (III) показала, что характеристики материала, входящие в нормативную область, не всегда являются наилучшими по своему качественному содержанию, а более привлекательные альтернативы могут находиться за ее пределами.

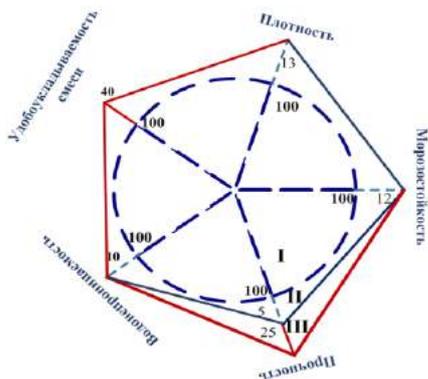


Рисунок 9. Оценка эффективности ассортиментного подхода к задаче оптимизации производства

Figure 9. Evaluation of the effectiveness of the assortment approach to the problem of optimization of production

ЛИТЕРАТУРА

1 Анохин А.М., Глотов В.А., Павельев В.В., Черкашин А.М. Методы определения коэффициентов важности критериев // Автоматика и телемеханика. 1997. № 8. С. 3–35

2 Бажен Ю.М., Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Системный анализ в строительном материаловедении: монография. М.: МГСУ, Библиотека научных разработок и проектов, 2012. С. 432.

3 Данилов А.М., Гарькина И.А. Отраслевые аспекты системного анализа // Региональная архитектура и строительство. 2016. № 4. С.136.

4 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018614405. Автоматизированная система субъектно-ориентированного решения линейных задач ранжирования /выбора на основе соединения креативности и технологичности (Джобс-Декон)/ Алексеев А.О., Вычегжанин А.В., Дмитрюков М.С., Кривоги́на Д.Н. и др. № 2018614405; 2018.

5 Харитонов В.А., Гейхман Л.К., Кривоги́на Д.Н. Механизмы субъектно-ориентированного ценообразования в задачах управления венчурными проектами // Вестник Пермского университета. Серия «Экономика». 2017. Т. 12. № 1. С. 61–77. doi: 10.17072/1994-9960-2017-1-61-77

6 Харитонов В.А. Вычегжанин А.В., Кривоги́на Д.Н., Гревцев А.М. и др. Инструментальные средства соединения креативности и технологичности в задачах субъектно-ориентированного управления // Управление экономическими системами. 2017. № 7(101). 11 с.

7 Amyot D., Fonseca i Casas P., Mussbacher G. System Analysis and Modeling: Models and Reusability // 8th International Conference, SAM. Valencia, 2014.

8 Guo F., Chang-Richards Y., Wilkinson S., Cun Li T. Int. J. of Project Management. 2014. V. 32. P. 815–826.

9 Guo Q., Di Z., Lagally M.G., Mei Y. Strain engineering and mechanical assembly of silicon/germanium nanomembranes // Materials Science and Engineering R: Reports. 2018. № 128. P. 1–31. doi: 10.1016/j.mser.2018.02.002

В соответствии с данным примером для характеристик морозостойкость, водонепроницаемость и плотность существуют альтернативы, качественные показатели которых выше выбранных на 10%, для прочности на сжатие на 25%, а для удобоукладываемости смеси на 40% (рисунок 9).

Заключение

Предложенный авторами ассортиментный подход позволяет наиболее выгодно использовать строительную продукцию в отношении сочетания свойств материала и его фактического использования; способствует усилению структурированности связей между элементами системы производства строительных материалов, в также снижению степени неопределенности.

10 Van Manen T., Janbaz S., Zadpoor A.A Programming the shape-shifting of flat soft matter // Materials Today. 2018. № 21(2). P. 144–163. doi: 10.1016/j.mattod.2017.08.026

11 Reijer I., Dominico J.P. Lahaye Computational Methods in Power System Analysis 2014. 110 p.

REFERENCES

1 Anokhin A.M., Glotov V.A., Pavel'ev V.V., Cherkashin A.M. Determination methods of criteria importance coefficients. Avtomatika i telemekhanika. [Automation and telemechanics] 1997. no. 8. pp. 3–35 (in Russian)

2 Bazhen Yu.M., Danilov A.M., Gar'kina I.A. Sistemnyj analiz v stroitel'nom materialovedenii [System analysis in building materials science] Moscow, MGSU: Library of Scientific Developments and Projects, 2012. 432 p.(in Russian)

3 Danilov A.M., Gar'kina I.A. Sectoral Aspects of System Analysis. Regional'naja arhitektura i stroitel'stvo [Regional architecture and construction] 2016. no. 4. pp. 136 (in Russian)

4 Alekseev A.O., Vychezhzhanin A.V., Dmitrukov M.S., Krivogina D.N. et al. Avtomatizirovannaja sistema subektno-orientirovannogo reshenija linejnyh zadach ranzhirovanija / vybora na osnove soedinenija kreativnosti i tehnologichnosti (Dzhobs-Dekon) [Automated system of subject-oriented solution of linear ranking / selection problems on the basis of the connection between creativity and manufacturability (Jobs-Decon)] Certificate of state registration of the computer program, no. 2018614405, 2018. (in Russian)

5 Kharitonov V.A., Geikhman L.K., Krivogina D.N. Mechanisms of object oriented pricing in venture project management tasks. Vestnik Permskogo universiteta. Seria Ekonomika [Perm University Herald. Economy] 2017, vol. 12, no. 1, pp. 61–77. doi: 10.17072/1994-9960-2017-1-61-77(in Russian)

6 Haritonov V.A., Vychezhzhanin A.V., Krivogina D.N., Grevcev A.M. et al. Tools for connecting creativity and manufacturability in tasks of subject-oriented management. Upravlenie jekonomicheskimi sistemami, [Management of economic systems] 2017. no. 7(101). 11 p. (in Russian).

7 Amyot D., Fonseca i Casas P., Mussbacher G. System Analysis and Modeling: Models and Reusability. 8th International Conference, Valencia, 2014.

8 Van Manen T., Janbaz S., Zadpoor A.A Programming the shape-shifting of flat soft matter. *Materials Today*. 2018. no 21 (2), pp. 144–163. doi: 10.1016/j.mattod.2017.08.026

9 Guo F., Chang-Richards Y., Wilkinson S., Cun Li T. *Int. J. of Project Management*, 2014, vol. 32, pp. 815–826.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дарья Н. Кривогина аспирант, старший преподаватель, кафедра строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, пр-т Комсомольский, 29, г. Пермь, 614990, Россия, darya.krivogina@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Дарья Н. Кривогина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 28.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 21.05.2018

10 Guo Q., Di Z., Lagally M.G., Mei Y. Strain engineering and mechanical assembly of silicon/germanium nanomembranes. *Materials Science and Engineering R: Reports*. 2018. no 128, pp. 1–31. doi: 10.1016/j.mser.2018.02.002

11 Reijer I., Dominico J.P. *Lahaye Computational Methods in Power System Analysis*, 2014. 110 p.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dar'ya N. Krivogina graduate student, senior lecturer, building engineering and materials science department, Perm National Research Polytechnic University, Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russia, darya.krivogina@gmail.com

CONTRIBUTION

Dar'ya N. Krivogina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.28.2018

ACCEPTED 5.21.2018

Пищевая биотехнология

Оригинальная статья/Original article

УДК 664.66.022.39

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-138-143>

Формирование качества и антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий с порошком морошки

Людмила П. Нилова	¹	nilova_l_p@mail.ru
Светлана М. Малютенкова	¹	malutesha66@mail.ru
Мария С. Кайгородцева	¹	mary.kaygorotseva@gmail.com
Аркадий А. Евграфов	¹	arkadiy.evgrafov@gmail.ru

¹ Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия

Реферат. В статье рассмотрена возможность использования порошка из выжимок морошки в рецептуре хлебобулочных изделий из пшеничной муки, выработанных по традиционной технологии и с использованием технологии отложенной выпечки. Порошок получали сушкой и измельчением выжимок морошки, собранной в Ленинградской области. В качестве базовой рецептуры использовали рецептуру хлебобулочных изделий с 5% сахара и 4% растительного масла, в которой производили замену муки порошком из выжимок морошки в количестве от 1 до 7%. Установлено, что в рецептуре хлебобулочных изделий из пшеничной муки может содержаться 5% порошка из выжимок морошки при использовании безопасного способа производства. При опарном способе происходит интенсификация брожения, приводящие к возрастанию кислотности хлебобулочных изделий выше допустимых значений. Тестовые полуфабрикаты высокой степени готовности замораживали при температуре минус 18°С и хранили в этих условиях в течение 2-х недель. Порошок морошки способствовал лучшему сохранению удельного объема хлебобулочных изделий. В порошке морошки и хлебобулочных изделиях определяли антиоксидантную активность методом FRAP с ортофенантролином, танин - титрованием марганцевокислым калием в присутствии индигокармина. Использование порошка морошки повысило антиоксидантную активность хлебобулочных изделий, чему способствует гидролиз эллаготанина, в процессе замораживания тестовых полуфабрикатов и выпечки. По сравнению с изделиями традиционной рецептуры хлебобулочные изделия с порошком из выжимок морошки повысили антиоксидантную активность в 1,17 и 1,36 раза с одновременным увеличением танина на 9,8 и 13,7%, соответственно, для традиционной технологии и технологии отложенной выпечки.

Ключевые слова: хлебобулочные изделия, технология отложенной выпечки, морошка, качество, антиоксидантная активность, танин

The formation of quality and antioxidant properties of bakery products with cloudberry powder

Lyudmila P. Nilova	¹	nilova_l_p@mail.ru
Svetlana M. Malyutenkova	¹	malutesha66@mail.ru
Mariya S. Kaigorodtseva	¹	mary.kaygorotseva@gmail.com
Arkadii A. Evgrafov	¹	arkadiy.evgrafov@gmail.ru

¹ Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia

Summary. This article discusses the possibility of using the powder from scrap cloudberry in the recipe of bakery products from wheat flour. Bakery products produced using traditional technology and using the freezing baking technology. The powder obtained by drying and chopping cloudberry scrap collected in the Leningrad region. The main recipe used a bakery recipe with 5% sugar and 4% vegetable oil, which replaced flour powder from scrap cloudberry in an amount of 1 to 7%. It was established that the recipe for bakery products made of wheat flour contain 5% of cloudberry powder using the free-form method. In the process of firing intensification of fermentation occurs, which leads to an increase in the acidity of bakery products above the permissible values. The tested high-availability semi-finished products were frozen at minus 18 ° C and stored under these conditions for 2 weeks. Corn powder contributed to better preservation of a specific volume of bakery products. In the ice cream and bakery powder, the antioxidant activity was determined by the FRAP method with orthophenanthroline, titration of tannin with potassium permanganate in the presence of indigocarmin. The use of cloudberry powder increases the antioxidant activity of bakery products, which is facilitated by the hydrolysis of ellaglutinin, during the freezing of test semi-finished products and baking. Compared with products of traditional recipes, baked goods with powder from cloudberry bugs increased antioxidant activity by 1.17 and 1.36 times with simultaneous increase in tannin by 9.8 and 13.7%, respectively, for traditional technology and freezing baking technology.

Keywords: bakery products, freezing baking technology, cloudberry, quality, antioxidant activity, tannin

Введение

В современных экономических условиях одним из перспективных путей инновационного развития хлебопекарной отрасли является производство хлебобулочных изделий из замороженных тестовых полуфабрикатов, так называемой технологии отложенной выпечки [1]. В результате расширяются границы дискретного производства, а потребитель получается всегда

свежие хлебобулочные изделия. Недостатком технологии отложенной выпечки является снижение до 40% объема хлебобулочных изделий, что связывают с образованием кристаллов льда, влияющих на структуру клейковины и жизнеспособность дрожжевых клеток [2–4]. Для сохранения свойств теста в процессе замораживания тестовых полуфабрикатов и их восстановления в процессе размораживания используют различные

Для цитирования

Nilova L.P., Malyutenkova S.M., Evgrafov A.A., Kaygorotseva M.S. The formation of quality and antioxidant properties of bakery products with cloudberry powder. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 138–143. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-138-143

For citation

Нилова Л.П., Малютенкова С.М., Евграфов А.А., Кайгородцева М.С. Формирование качества и антиоксидантных свойств хлебобулочных изделий с порошком морошки // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 138–143. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-138-143

гидроколлоиды самостоятельно или в составе хлебопекарных улучшителей [5–8]. Так, использование в качестве криопротектора пектина в количестве 1,5% способствует равномерному распределению свободной воды в тесте, улучшая качество готового хлеба [6]. Мука из топинамбура в количестве 10% позволяет получать изделия, превышающие по качеству изделия с хлебопекарными улучшителями [7]. Использование гороховой клетчатки взамен гуаровой камеди в одинаковом количестве 0,5% позволяет повысить удельный объем круассанов на 19–25% [8].

Высокое содержание гидроколлоидов характерно для плодово-ягодных порошков, полученных из выжимок после отжима сока. В ягодных порошках увеличению гидроколлоидов способствует переход в них семян, содержащих, как белки, так и клетчатку [9, 10]. Благодаря фенольным соединениям и флавоноидам все ягоды обладают антиоксидантной активностью, которая выше в кожуре, чем в соке [11–13]. Поэтому порошки из выжимок ягод обладают высокой антиоксидантной активностью и обеспечивают ее эффективность при добавлении в пищевые продукты [14, 15]. В отличие от других ягод морошка содержит фенольные соединения преимущественно в связанном состоянии в виде эллаготанина (мономеры, димеры и полимеры). Только около 20% эллаговой кислоты содержится в свободном состоянии. Но антиоксидантные свойства морошке придают также лейкоантоцианы, антоцианы, каротиноиды, гидрооксibenзойные и гидрооксикоричные кислоты, выводя морошку на первое место по количеству антиоксидантов среди северных ягод [12, 16, 17]. В процессе ферментации ягод доля эллаговой кислоты в свободном состоянии возрастает в 4 раза [18]. Доказано, что высокие температуры при выпечке хлебобулочных изделий приводят к гидролизу гликозидов, повышая антиоксидантную активность [19]. Возможно, при добавлении в тесто порошка из выжимок морошки, антиоксидантная активность хлебобулочных изделий повысится за счет высокотемпературного воздействия выпечки, увеличив количество эллаговой кислоты и танина в свободном состоянии.

Целью работы явилось исследование возможности использования порошка из выжимок морошки в хлебобулочных изделиях, выработанных с использованием традиционной технологии и технологии отложенной выпечки.

Материалы и методы

Ягоды морошки были собраны в Ленинградской области. Выжимки, полученные после отжима сока, были высушены при температуре 50–55 °С и измельчены в порошок. Для производства хлебобулочных изделий использовали стандартную рецептуру: пшеничная мука высшего

сорта – 100, сахар – 5, подсолнечное масло рафинированное дезодорированное – 4. Оптимизацию количества порошка морошки в рецептуре хлебобулочных изделий проводили заменой муки на порошок от 1 до 7% с шагом 2%, осуществляя приготовление теста опарным и безопарным способом. Разработанная рецептура хлебобулочных изделий с порошком морошки была использована в технологии отложенной выпечки. Тестовые заготовки высокой степени готовности замораживали при температуре (-18) °С и хранили при этой температуре в течение двух недель. Хлебобулочные изделия выпекали при температуре 220 °С в виде булочек массой 100 г.

В работе исследовали массовую долю влаги, титруемую кислотность, содержание клетчатки – стандартными методами; общее содержание фенольных веществ – спектрофотометрически при 725 нм с использованием реактива Folin-Ciocalteu's; общее содержание флавоноидов – спектрофотометрически при 510 нм с хлоридом алюминия; содержание танина – титрованием марганцевокислым калием в присутствии индигокармина; антиоксидантную активность – спектрофотометрически методом FRAP с орто-фенантролином при длине волны 593 нм в пересчете на аскорбиновую кислоту (АК) [20]. Состав сахаров в порошке морошки определяли хроматографическим методом на жидкостном хроматографе «Agilent 1260 Infinity II» (США).

Оценку качества хлебобулочных изделий осуществляли, используя органолептические и физико-химические методы анализа для определения массовой доли влаги, титруемой кислотности, пористости и удельного объема.

Результаты и их обсуждение

Порошок из выжимок морошки представлял собой тонкоизмельченный порошок светло желтого цвета с единичными коричневыми вкраплениями и сладкого вкуса за счет высокого сахарокислотного индекса и преобладания фруктозы в составе сахаров (таблица 1, рисунок 1). Благодаря присутствию фенольных соединений он обладал антиоксидантной активностью. Доля флавоноидов в составе общих фенольных соединений составляла 10%, что не противоречит данным других исследователей [12, 16].

Установление оптимального количества порошка из выжимок морошки в рецептуре хлебобулочных изделий проводили, заменой муки на порошок, при замесе теста при безопарном способе и при замесе опары при опарном способе производства. Увеличение количества порошка до 5% включительно в рецептуре приводило к более интенсивному газообразованию, увеличению удельного объема и пористости готовых изделий (таблица 2).

Таблица 1.

Химический состав и антиоксидантная активность порошка из выжимок морошки

Table 1.

Chemical composition and antioxidant activity of cloudberry powder

Наименование показателя Indicator name	Значение показателей The value of the indicators
Массовая доля влаги,% Moisture content,%	9,8 ±0,2
Кислотность (в пересчете на яблочную),% Acidity by malic acid,%	2,3 ±0,1
Массовая доля сахаров, % СВ Sugar content,%DM	7,6 ±0,1
в том числе including	
сахароза sucrose	0,3 ±0,1
глюкоза glucose	3,4 ±0,1
фруктоза fructose	3,9 ±0,1
Массовая доля клетчатки,% СВ Cellulose content,%DM	11,8 ±0,4
Фенольные соединения, мг % СВ Total phenolic content, mg per 100 g DM	312,2 ±5,4
Флавоноиды, мг% СВ Total flavonoids content, mg per 100 g DM	31,4 ±1,2
Танин, мг% СВ Tannin, mg per 100 g DM	4,92 ±0,12
Антиоксидантная активность, мг АК/г СВ Antioxidant activity, mg AA per g DM	9,43 ±0,22

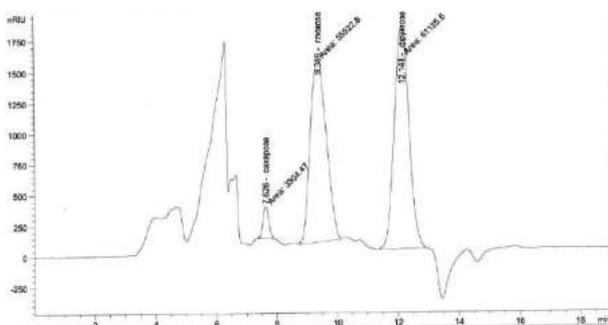


Рисунок 1. Хроматограмма сахаров порошка морошки

Figure 1. The chromatogram of sugars from the powder of cloudberry

Но при опарном способе более интенсивное брожение теста с 5% порошка повысило

титруемую кислотность готовых изделий до 3,9 град., превысив требования ГОСТ 31805-2012. Аромат морошки в хлебобулочных изделиях ощущался только при замене муки на 5% порошка. Поэтому основной рецептурой была принята рецептура, включающая 5% порошка из выжимок морошки, 5% сахара и 4% растительного масла с использованием безопасного способа производства.

Формованное тесто контрольных и опытных образцов хлебобулочных изделий было заморожено и хранилось в замороженном состоянии в течение 2-х недель при температуре минус 18°С. Качество хлебобулочных изделий с использованием технологии отложенной выпечки сравнивали с хлебобулочными изделиями, выработанными по традиционной технологии (табл. 2).

Таблица 2.

Физико-химические показатели качества хлебобулочных изделий, выработанных по разным технологиям

Table 2.

Physicochemical indicators of the quality of bakery products by different technologies

Показатели качества Quality indicators	Традиционная технология Traditional baking technology		Технология отложенной выпечки Freezing baking technology	
	хлебобулочные изделия bakery products			
	контроль control	с морошкой with cloudberry	контроль control	с морошкой with cloudberry
Влажность,% Moisture,%	37,5 ±1,0	38,1 ±1,0	37,0 ±0,8	37,9 ±1,0
Кислотность, град. Acidity, deg.	1,3 ±0,1	3,0 ±0,1	1,1 ±0,1	2,6 ±0,1
Пористость,% Porosity,%	66,4 ±1,9	72,6 ±1,5	60,5 ±1,5	71,0 ±2,0
Удельный объем, см ³ /100г Specific volume, cm ³ 100g ⁻¹	340,1 ±12,0	373,5 ±9,8	303,2 ±8,4	362,2 ±11,8
Антиоксидантная активность, мг АК /г СВ Antioxidant activity, mg AA per g DM	3,05 ±0,15	3,56 ±0,12	2,92 ±0,08	3,98 ±0,08

Технология отложенной выпечки привела к снижению удельного объема контрольных образцов хлебобулочных изделий на 10,1% и пористости – на 8,9%. Хлебобулочные изделия, обогащенные порошком из выжимок морошки, отличались более выраженной окраской корки красивого светло-коричневого цвета и бело-желтоватого цвета мякиша. Вкус и аромат изделий имел ярко выраженные оттенки морошки. Пористость мякиша была развитая и тонкостенная. Изделия, выработанные из замороженных тестовых полуфабрикатов с порошком из выжимок морошки, практически не отличались от изделий традиционной технологии.

Изменения в удельном объеме и пористости были менее выражены и составили – на 5% и 2,2%, соответственно, по сравнению с изделиями традиционной технологии. Все исследуемые образцы хлебобулочных изделий обладали антиоксидантной активностью, которая зависела от рецептуры и выбранной технологии. В контрольных образцах хлебобулочных изделий при выпечке из замороженных полуфабрикатов антиоксидантная активность уменьшилась

на 4,3%. В опытных образцах с порошком из выжимок морошки, наоборот, выпечка из замороженных полуфабрикатов, привела к увеличению значений антиоксидантной активности на 11,8%. По сравнению с изделиями традиционной рецептуры изделия с морошкой повысили антиоксидантную активность в 1,17 и 1,36 раза, соответственно для традиционной технологии и технологии отложенной выпечки. Это могло произойти за счет окисления гидролизуемых танинов – эллаготанинов, приводя к олигомеризации через фенольную связь. В результате увеличивается число реактивных участков и свободных гидроксильных групп, повышая, тем самым, антиоксидантную активность хлебобулочных изделий, обогащенных порошком из выжимок морошки [17, 18]. Это должно привести к возрастанию количества эллаговой кислоты и танина.

Для проверки этой теории были проведены исследования содержания танина в тесте после замеса, в конце брожения теста и в готовых хлебобулочных изделиях после выпечки (таблица 3).

Таблица 3.

Содержание танина в тестовых полуфабрикатах и хлебобулочных изделиях с порошком морошки, мг % СВ

Table 3.

The content of tannin in test semi-finished products and bakery products with cloudberry powder, mg % DM

Объекты Objects	Хлебобулочные изделия с порошком морошки, выработанные с использованием: Bakery products with cloudberry powder, produced using:	
	традиционная технология traditional baking technology	технология отложенной выпечки freezing baking technology
Тесто после замеса Dough after kneading	0,245 ±0,007	0,248 ±0,008
Тесто после брожения Dough after fermentation	0,244 ±0,005	0,243 ±0,006
Хлебобулочные изделия Bakery products	0,269 ±0,006	0,282 ±0,005

Содержание танина в тесте соответствовало теоретически рассчитанным значениям. Отклонения в значениях находились в пределах ошибки опыта. После брожения количество танина в тесте также не изменилось, что говорит об отсутствии гидролиза эллаготанина под действием дрожжей. Но после выпечки количество танина в хлебобулочных изделиях возросло – на 9,8 и 13,7%, соответственно для традиционной технологии и технологии отложенной выпечки.

Заключение

Порошок из выжимок морошки является ценной обогащающей добавкой, в состав антиоксидантов которых входят фенольные

соединения и флавоноиды. Оптимальное количество порошка в рецептуре хлебобулочных изделий, выработанных безопасным способом, составляет 5%. В результате хлебобулочные изделия имеют характерный вкус и аромат морошки, характеризуются более высоким объемом и пористостью. Использование порошка из выжимок морошки для производства хлебобулочных изделий из замороженных тестовых полуфабрикатов способствует повышению их качества по сравнению с изделиями традиционной рецептуры, сокращая снижение удельного объема, обогащая биологически активными веществами с антиоксидантными свойствами, что повышает антиоксидантную активность за счет гидролиза эллаготанина.

ЛИТЕРАТУРА

1 Оболенский Н.В., Головачева О.В. Использование замороженных полуфабрикатов как эффективная технология хлебопекарного производства в условиях интенсификации экономики // Вестник НГИЭИ. 2012. № 4. С. 70–79.

2 Chen G. Ohgren C., Langton M., Lustrup K.F., Nyden M. et al. Impact of long-term frozen storage on the dynamics of water and ice in wheat bread // Journal of Cereal Science. 2013. № 57. P. 120–124.

3 Кульп К., Лоренц К., Брюммер Ю. Производство изделий из замороженного теста. СПб: Профессия, 2005. 283 с.

4 Лабутина Н.В., Китаевская С.В., Решетник О.А. Оптимизация процесса «замораживание-дефростация» полуфабрикатов хлебопекарного производства // Известия вузов. Пищевая технология. 2003 № 2–3. С. 60–62.

5 Дойче Б. Технология глубокого замораживания: специальные хлебопекарные концентраты оптимизируют качество хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. 2011. № 9. С. 23–27.

6 Кенийз Н.В., Сокол Н.В. Технология производства хлеба из замороженных полуфабрикатов с использованием пектина в качестве криопротектора // Вестник МичГАУ. 2011. № 2(2). С. 92–94.

7 Ермош Л.Г., Березовикова И.П. Технология хлебобулочных изделий из замороженных полуфабрикатов с использованием муки из топинамбура // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 4. С. 11–17.

8 Дмитриева Ю.В., Андреев А.Н. Влияние гороховой клетчатки на качество круассанов, выпеченных из замороженных по технологии «FTO» тестовых заготовок // Низкотемпературные и пищевые технологии XXI века: материалы конференции. 2015. С. 268–271.

9 Алексеенко Е. Нетрадиционное природное сырьё для производства хлебобулочных изделий // Хлебопродукты. 2008. № 9. С. 50–51.

10 Martinussena I., Uleberga E., McDougall G.J., Stewart D. et al. Development and quality of cloudberry (*Rubus chamaemorus*L.) as affected by female parent, male parent and temperature // Journal of Berry Research. 2010. № 1. P. 91–101.

11 Макарова Н.В., Зюзина А.В., Мирошкина Ю.И. Антиокислительное действие ягод // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. № 2–3. С. 10–12.

12 Häkkinen S., Heinonen M., Kärenlampi S., Mykkänen H. et al. Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries // Food Research International. 1999. № 32. P. 345–353.

13 Kahkonen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J., Rauha J.-P. et al. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds // J. Agric. Food Chem. 1999. № 47. P. 3954–3962.

14 Лапин А.А., Яровой С.А., Полянский К.К. Хлебобулочные изделия для функционального питания и их антиоксидантные свойства // Бултеровские сообщения. 2010. Т. 21. № 9. С. 78–87.

15 Нилова Л.П., Пилипенко Т.В., Малютенкова С.М. Обогащенные хлебобулочные изделия как источник водорастворимых антиоксидантов // В мире научных открытий. 2015. № 5(65). С. 214–227.

16 Kahkonen M., Kylli P., Ollilainen V., Salminen J.-P. et al. Antioxidant activity of isolated ellagitannins from red raspberries and cloudberry // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2012. № 60. P. 1167–1174.

17 Нилова Л.П., Кайгородцева М.С., Малютенкова С.М. Морошка: особенности биохимического со-

става, антиоксидантные свойства, использование // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые биотехнологии. 2017. Т. 5. № 4. С. 19–26.

18 Puupponen-Pimia R., Nohynek L., Juvonen R., Kosso T. et al. Fermentation and dry fractionation increase bioactivity of cloudberry (*Rubus chamaemorus*) // Food Chemistry. 2016. № 197. P. 950–958.

19 Alves G., Perrone D. Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins // Food Chemistry. 2015. № 185. P. 65–74.

20 Рогожин В.В., Рогожина Т.В. Практикум по биохимии сельскохозяйственной продукции. СПб: ГИОРД, 2016. 480 с.

REFERENCES

1 Obolensky N.V., Golovacheva O.V. The use of frozen semi-finished products as an efficient technology for bakery production in conditions of economic intensification. *Vestnik NGIEI* [Bulletin NGIEI], 2012, no 4, pp. 70–79. (in Russian).

2 Chen G. Ohgren C., Langton M., Lustrup K.F., Nyden M. et al. Impact of long-term frozen storage on the dynamics of water and ice in wheat bread. *Journal of Cereal Science*. 2013, no. 57, pp. 120–124.

3 Kulp K., Lorenz K., Brummer J. *Proizvodstvo izdelii iz zaorozhennogo testa* [Manufacture of frozen dough product]. Saint-Petersburg, Izdatelstvo Professiya, 2005, 283 p. (in Russian).

4 Labutina N. V., Kitaevskaya C.B., Reshetnik O.A. Optimization of the process of "freezing-defrostation" of semi-finished bakery production. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. [News of institutes of higher education. Food technology], 2003, no 2–3, pp. 60–62 (in Russian).

5 Deutsche B. Technology of deep freezing: special bakery concentrates optimize the quality of bakery products. *Khleboprodukty*. [Bread products]. 2011, no 9, pp. 23–27. (in Russian).

6 Kenyz N.V., Sokol N.V. Technology of bread production from frozen semi-finished products using pectin as a cryoprotector. *Vestnik Michurinskogo GAY* [Bulletin Michurinsky SAU], 2011, no 2 (2), pp. 92–94. (in Russian).

7 Ermosh L. G, Berezovikova I.P. Baked products from frozen semi-finished items with Jerusalem artichoke flour. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv* [Food processing: Techniques and Technology]. 2012, no 4, pp. 11–17. (in Russian).

8 Dmitrieva Yu.V., Andreev A.N. Influence of pea fiber on the quality of croissants baked from frozen "FTO" test billets. *Nizkotemperaturnye i pishchevye tekhnologii XXI veka*. [Low-temperature and food technologies of the XXI century]: conference materials. 2015, pp. 268–271. (in Russian).

9 Alekseenko E. Unconventional natural raw materials for the production of bakery products. *Khleboprodukty*. [Bread products]. 2008, no 9, pp. 50–51. (in Russian).

10 Martinussena I., Uleberga E., McDougall G.J., Stewart D. et al. O. Development and quality of cloudberry (*Rubus chamaemorus*L.) as affected by female parent, male parent and temperature. *Journal of Berry Research*. 2010, no 1, pp. 91–101.

11 Makarova N.V. Zyzina A.V., Miroshkina Yu.I. Antioxidant effect of berries. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. [News of institutes of higher education. Food technology]. 2010, no 2–3, pp. 10–12. (in Russian).

12 Häkkinen S., Heinonen M., Kärenlampi S., Mykkänen H. et al. Screening of selected flavonoids and phenolic acids in 19 berries. *Food Research International*. 1999, no 32, pp. 345–353.

13 Kahkonen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J., Rauha J.-P. et al. Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chem.* 1999, no 47, pp.3954–3962.

14 Lapin A.A., Jarovoj S.A., Poljanskij K.K. Bakery products for functional food and their antioxidant properties. *Butlerovskie soobshcheniya*. [Butlerov communications]. 2010, vol. 21 (9), 78–87. (in Russian)

15 Nilova L.P., Pilipenko T. V., Maljutenkova S.M. Enriched bakery products as a source of water-soluble antioxidants. *V mire nauchnyh otkrytij*. [In the World of scientific discoveries]. 2015, vol.5 (65), pp. 214–27. (in Russian)

16 Kahkonen M., Kylli P., Ollilainen V., Salminen J.-P. et al. Antioxidant activity of isolated ellagitannins from red raspberries and cloudberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2012, no 60. pp.1167–1174.

17 Nilova L. P., Kaygorodtseva M.S., Malyutenkova S. M. Cloudberries: features of biochemical

composition, antioxidant properties and use. *Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Pishchevye i biotekhnologii*. [Bulletin of the South Ural state university. Food and biotechnology]. 2017, vol.5, no 4, pp.19–26. (in Russian).

18 Puupponen-Pimia R., Nohynek L., Juvonen R., Kosso T. et al. Fermentation and dry fractionation increase bioactivity of cloudberry (*Rubus chamaemorus*). *Food Chemistry*. 2016, no 197, pp.950–958.

19 Alves G., Perrone D. Breads enriched with guava flour as a tool for studying the incorporation of phenolic compounds in bread melanoidins. *Food Chemistry*. 2015, no 185, pp.65–74.

20 Rogozhin V.V., Rogozhina T.V. Praktikum po biokhimii sel'skokhozyaistvennoi produktsii [Workshop on biochemistry of agricultural products] Saint-Petersburg, GIORD, 2016, 480 p. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Людмила П. Нилова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, nilova_l_p@mail.ru

Светлана М. Малютенкова к.т.н., доцент, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, malutesha66@mail.ru

Мария С. Кайгородцева аспирант, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, mary.kaygorotseva@gmail.com

Аркадий А. Евграфов к.воен.н., профессор, Высшая школа сервиса и торговли, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, ул. Политехническая, 29, г. Санкт-Петербург, 195251, Россия, arkadiy.evgrafov@gmail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Людмила П. Нилова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Светлана М. Малютенкова консультация в ходе исследования

Мария С. Кайгородцева консультация в ходе исследования

Аркадий А. Евграфов провёл эксперимент

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 20.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Lyudmila P. Nilova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Graduate School Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, nilova_l_p@mail.ru

Svetlana M. Malyutenkova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Graduate School Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, malutesha66@mail.ru

Mariya S. Kaigorotseva graduate student, Graduate School Service and Trade Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, mary.kaygorotseva@gmail.com

Arkadii A. Evgrafov Cand. Sci. (Milit.), professor, Graduate School Service and Trade, Institute of Industrial Management, Economics and Trade, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Politechnicheskaya St., 29, Saint-Petersburg, 195251, Russia, arkadiy.evgrafov@gmail.ru

CONTRIBUTION

Lyudmila P. Nilova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Svetlana M. Malyutenkova consultation during the study

Mariya S. Kaigorotseva consultation during the study

Arkadii A. Evgrafov conducted an experiment

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.20.2018

ACCEPTED 5.7.2018

Обзор: сухое охмеление в пивоварении

Инна В. Новикова	¹	noviv@list.ru
Павел В. Рукавицын	¹	kafedra_tbisp@mail.ru
Александр С. Муравьев	¹	hnrtrun@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Сухое охмеление определяется как добавление хмеля или хмелепродуктов на холодной стадии процесса пивоварения. Практика сухого охмеления в настоящее время используется во многих американских стилях пива (IPA, APA, ImperialStout), бельгийских (эли и трипели), традиционных британских (IPA, ExtraSpecialBitter), а также других стилях пива с развитой ароматической составляющей. К основным летучим горько-ароматическим компонентам хмеля относят терпены (мирцен, гумулен и бетакариофиллен), которые характеризуются «травянистым» ароматом. Также присутствуют линалоол и гераниол, которые придают цветочные и фруктовые ноты. Терпинеол и пинен вносят смолистый характер. В настоящее время разработаны специальные технологии внесения хмеля и соответствующее оборудование для сухого охмеления: с шишковым хмелем; хмелевой суспензией; с хмелевыми гранулами, полуавтоматические методы. Сухое охмеление проводится для увеличения «хмелевого» аромата пива и нашло применение благодаря возросшей популярности малого пивоварения в мире. Поскольку сухое охмеление производится при относительно низких температурах термическое разложение и улетучивание ароматических соединений значительно снижается. Это позволяет получить более высокую концентрацию этих соединений в готовом продукте. Источником ароматических свойств пива является полифенолы. В процессе сухого охмеления около 80–90% полифенолов извлекаются в течение первых 12 часов. Флаван-3-олы увеличивают воспринимаемую горечь и терпкость. Мономеры и олигомеры флаван-3-олов играют роль в стабильности вкуса, коллоидной стабильности и пеностойкости напитка, обладают антирадикальными и антиоксидантными свойствами.

Ключевые слова: сухое охмеление, пивоварение, фенольные соединения

Review: dry hopping in brewing

Inna V. Novikova	¹	noviv@list.ru
Pavel V. Rukavitsyn	¹	kafedra_tbisp@mail.ru
Aleksandr S. Muravev	¹	hnrtrun@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Dry hopping defined as the addition of hops or hops-products at the cold stage of the brewing process. The practice of dry hopping is currently used in many American styles of beer (IPA, APA, Imperial Stout), Belgian (Ali and Tripoli), traditional British (IPA, Extra Special Bitter), as well as other styles of beer with a developed aromatic component. The main volatile bitter and aromatic components of hops include terpenes (myrcene, humulene and betacarotene), which are characterized by “herbaceous” aroma. There are also linalool and geraniol, which give floral and fruity notes. Terpeneol and pinene are making a resinous character. Currently developed special technology, the introduction of hops and the appropriate equipment for dry hopping: flower hops; hop suspension; hop pellets; semi-automatic methods. Dry hopping carried out to increase the “hoppy” aroma of beer and found application due to the increased popularity of small brewing in the world. Since dry hopping performed at relatively low temperatures thermal decomposition and volatilization of aromatic compounds is significantly reduced. This results in a higher concentration of these compounds in the finished product. The source of the aromatic properties of the beer is the polyphenols. In the process of dry hopping about 80-90% of polyphenols extracted during the first 12 hours. Flavan-3-ols increases perceived bitterness and astringency. Monomers and oligomers of flavan-3-ol play a role in the stability of taste, colloidal stability and foam resistance of the drink, have antiradical and antioxidant properties.

Keywords: dry hopping, brewing, phenolic compounds

Введение

Термин сухое охмеление определяется как добавление хмеля или хмеле-продуктов на холодной стадии процесса пивоварения. В последние годы эта техника приобрела мировую популярность, в основе лежит технология, применяемая в течение многих лет британскими пивоварами с бочковым созреванием эля. Практика сухого охмеления в настоящее время используется во многих американских стилях пива (IPA, APA, ImperialStout), бельгийских (эли и трипели), традиционных британских стилях (IPA, ExtraSpecialBitter), а также других стилях пива с развитой ароматической составляющей [1, 2].

Для цитирования

Новикова И.В., Рукавицын П.В., Муравьев А.С. Обзор: сухое охмеление в пивоварении // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 144–149. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-144-149

Многие из ароматических соединений хмеля испаряются во время кипячения суслу [3]. Однако, если хмель добавляется на холодной стадии пивоварения, эти соединения легче диспергируются и сохраняются в пиве, особенно в присутствии этанола [4]. К ним относятся летучие терпены (такие как мирцен, гумулен и бетакариофиллен), которые характеризуются «травянистым» ароматом. Также присутствуют линалоол и гераниол, которые придают больше цветочных и фруктовых нот, и, наконец, терпинеол и пинен, которые вносят смолистый характер. В дополнение

For citation

Novikova I.V., Rukavitsyn P.V., Muravev A.S. Review: dry hopping in brewing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 144–149. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-144-149

к ароматическим соединениям некоторые альфа-кислоты, полифенолы и другие соединения из хмеля также переходят в пиво. Многие из этих компонентов останутся в нефилтрованном пиве; однако часть удаляется при фильтрации [5].

Тип аромата и вкуса, придаваемый пиву, сильно зависит от используемых ароматических сортов хмеля, которые традиционно обладают более низкими значениями α -кислоты. Расход хмеля на процесс сухого охмеления зависит от стиля пива, например, в случае индийского пэйл эля (IPA), расход может варьироваться от 50 до 500 г/гЛ [6].

Общая характеристика хмеля как горько-ароматического компонента

Хмель не всегда были одним из основных ароматических ингредиентов в пиве, каким он является сегодня. До XII века вместо хмеля часто использовали такие травы, как одуванчик, полынь и вереск, как ароматический компонент в пиве [7]. Хмель главным образом использовали в медицинских целях в качестве консерванта. Он обладает как антибактериальными, так и успокоительными свойствами, а также высокой концентрацией фенольных соединений, которые могут выступать в качестве антиоксидантов [8, 9]. В дополнение к своим целебным качествам хмель вносит огромный вклад в вкус и горечь пива.

В мире существует более 80 различных коммерческих сортов хмеля. Химические и сенсорные исследования хмеля показывают основные их различия. Aberl и Coelhan выполнили газохроматографическое исследование и обнаружили некоторые ключевые различия между европейскими сортами хмеля [10]. Sibaka и др. были исследованы свободные терпеноиды и тиолы для того, чтобы выяснить различия у сортов хмеля [11]. Так, источником вкуса и горечи хмеля являются масла и смолы в лупулиновых железах хмеля [12]. Эффективность извлечения этих веществ зависит от химических и механических разрывов лупулиновых желез. Большинство выращиваемого хмеля перерабатывается в гранулы, чтобы эффективно высвободить эти ароматические вещества. При добавлении хмеля во время кипячения сусле извлекаются многие группы химических соединений. Терпены, терпеноиды, оксигенированные сесквитерпены, полифенолы, соединения серы и гликозилированные вещества – все они способствуют ароматике хмеля [13]. Горечь в пиве в основном предоставлена изомеризованными формами соединений, называемыми α -кислоты (АК), которые находятся в смоле желёз хмеля [12].

Эти компоненты изомеризуются во время кипячения и переходят в изо- α -кислоты (ИАК). Существует в общей сложности шесть ИАК в пиве: цис- и трансизогумулоны, изокогумулоны и изоадгумулоны [14]. Обычно в охмеленном сусле, в которое добавляются только гранулы хмеля или цельные шишки, соотношение цис- к транс-изомерам около 70:30 [15, 16]. Цис-изомеры более термодинамически стабильны и разрушаются гораздо медленнее, чем транс-изомеры и обладают более высокой горечью [17]. Это явление делает соотношение транс- и цис-изогумулонов показателем стабильности вкуса пива [16]. Гораздо меньше известно о β -кислотах (БК) в хмеле. Считается, что они в какой-то мере, хотя и незначительно, способствуют ощущаемой горечи. Сенсорные и химические анализы показали, что продукты окисления БК имеют относительно низкие пороги распознавания вкуса [18]. Идентификация и количественная оценка продуктов окисления БА в пиве проводилась ВЭЖХ [19]. Окисление БА может происходить при кипячении сусле и давать горькие соединения. Кроме хмелевых кислот, полифенолы, полученные из хмеля, также способствуют усматриваемой горечи [18].

Полифенольные соединения хмеля

Источником ароматических свойств пива является полифенолы [20]. Установлено что в процессе сухого охмеления около 80–90% полифенолов извлекаются в течение первых 12 часов [13]. Поскольку сегодня спрос на пиво с более заметным вкусом хмеля увеличивается – пивовары будут всё чаще применять процесс сухого охмеления. Он позволяет получить больше полифенолов, чем другие методы охмеления. В некоторых сортах пива таким образом можно извлечь из хмеля около 50% от общего количества полифенолов в готовом пиве. Это намного больше, чем в среднем лагере, где хмелевые вещества составляют менее 20% [21]. Полифенолы, извлеченные во время сухого охмеления, представляют собой сложную матрицу гидроксibenзойной кислоты, гидроксикоричные кислоты, флавоноиды, проантоцианидины стильбены [22].

Было установлено, что фенолы и, в частности, флаван-3-олы увеличивают воспринимаемую горечь и терпкость [23–25]. Флаван-3-олы широко рассмотрены в литературе из-за их влияния на пиво. Мономеры и олигомеры флаван-3-олов играют определенную роль в стабильности вкуса, коллоидной стабильности и пеностойкости [26].

Известно, что они обладают как антирадикальными, так и антиоксидантными свойствами [27] и оказывают положительное влияние на стабильность как пищевых продуктов, так и напитков [26].

Сегодня идентифицированы и количественно определены десятки фенольных соединений в пиве с помощью передовых аналитических методов [28]. Наиболее полный список фенолов в пиве, включая различные методики, был представлен в работе Callemein и Collin [21]. Наиболее объективным количественным методом химического анализа фенольных видов хмеля, ячменя и пива является высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ) [29]. Альтернативным методом количественного определения полифенолов является масс-спектрометрия после хроматографического разделения [28].

Способы сухого охмеления

Методы сухого охмеления могут значительно различаться, и, экспериментируя с различными методами, можно оценить качество и интенсивность аромата хмеля в готовом пиве. В целом, к факторам, влияющим на аромат хмеля при сухом охмелении, относят [5, 30–33]:

- Урожай хмеля;
- Размер частицы хмеля;
- Дозировка и технология задачи;
- Состояние лупулиновых желез;
- Температура – зависит от стадии добавления (например, брожение, созревание/длительная выдержка);
- Количество дрожжевых клеток и штамм дрожжей;
- Время контакта;
- Задержка молекулами CO₂.

Влияние дрожжей на интенсивность, характер, качество и выход аромата может быть значительным. С одной стороны, присутствие дрожжей в момент внесения хмеля поможет высвобождению гликозидно-связанных ароматических соединений из растворимых гликозидов хмеля [34], а при вторичном брожении дрожжи будут способствовать адсорбции ароматических соединений хмеля на своей поверхности. Увеличение потерь также может произойти из-за задержки CO₂летучих компонентов хмеля [35].

Самым доступным способом сухого охмеления является добавление хмеля непосредственно в емкость с готовым пивом. Этот метод традиционно используется в течение многих лет небольшими и средними пивоваренными предприятиями. Все чаще сухое охмеление используется большими пивоваренными заводами

как для эля, созреваемого в бочках, так и для выдержанного пива [36]. В настоящее время разработаны специальные технологии внесения хмеля и соответствующее оборудование [2, 37–40].

1. Сухое охмеление с шишковым хмелем. Это самый традиционный метод сухого охмеления, при этом его основной проблемой для пивовара является удаление остатков шишкового хмеля из бродильной емкости или форфаса. Чтобы избежать этой проблемы хмель заранее укладывают в льняные мешки, в сетки или проволочные клетки. Подвешивают их в емкостях для простого дальнейшего извлечения.

2. Сухое охмеление хмелевой суспензией. В этом способе хмелевые гранулы или измельченный шишковый хмель смешивают с деаэрированной, деминерализованной водой в отдельной емкости (при этом возможно чрезмерное вспенивание). Суспензию затем перекачивают в приемную емкость и тщательно перемешивают. С помощью этого метода можно достичь более лучших результатов, чем прямым внесением хмеля, как описано выше.

3. Сухое охмеление хмелевыми гранулами. Гранулы могут быть добавлены в бродильную емкость или танк дображивания до/во время перекачки холодного суслу или молодого пива. Твердые вещества хмеля обычно удаляются вместе с дрожжами или осадком в основании емкости перед перекачкой на созревание. Регенерация дрожжей из бродильной емкости, в который был добавлен хмель, обычно невозможен из-за хмелевого осадка и хмелевых ароматических соединений, адсорбированных на поверхность дрожжей, что потенциально влияет на вкус последующих варок. Это может быть основным фактором, ограничивающим использование этого варианта охмеления на некоторых пивоваренных заводах. Перекачка в отдельный танк дображивания позволяет избежать проблем загрязнения дрожжей и часто позволяет увеличить время контакта при теплых температурах созревания, что приводит к лучшему поглощению аромата хмеля. В зависимости от размера и формы емкости для созревания возможно смешение хмеля с молодым пивом с помощью CO₂.

4. Полуавтоматические методы сухого охмеления. Некоторые пивоварни внедряют специально разработанное оборудование для извлечения и сохранения хмеля, предназначенного для сухого охмеления. Несколько примеров приведены ниже, причем несомненно существует множество других способов, которые позволяют сделать процесс сухого охмеления более эффективным и воспроизводимым.

“Hop torpedo”, “hopgun” или “hopbomb” – эти методы, при которых молодое пиво рециркулирует из резервуара для созревания через аппарат, заполненный шишковым хмелем или гранулами, позволяя при этом извлекать соединения хмеля, сохраняя сам хмель в устройстве. “Hop cannon” «заряжается» хмелем или гранулами, а затем с помощью CO₂ направляется в емкость, заполненный пивом. Система “Dry HOPNIK” совмещает 2 непрерывных этапа – смешивание и рециркуляцию. Она состоит из емкости, содержащей прибор, который размалывает хмель и после этого равномерно диспергирует его в молодое пиво, которое после этого нагнетается назад в емкость для созревания.

Заключение

Традиционный способ внесения хмеля происходит во время кипения и может рассматриваться как процесс экстракции горячим сушлом. Хмель, добавленный в начале кипения, считается горьким, так как все его летучие масла испаряются во время кипения. Хмель, добавленный в середине или конце кипения, являются горько-ароматными. Такие хмели вносят некоторую горечь при изомеризации, но в основном используются

для вкуса и аромата. Хмель также можно добавлять сразу после кипения в гидроциклонный аппарат для придания хмелевого аромата. Переход вкусо-ароматических компонентов горько-ароматного хмеля во время кипячения отличается от таковых при популярном сегодня методе сухого охмеления [41]. Это объяснимо тем, что во время сухого охмеления изомеризация не происходит, а любое увеличение горечи незначительно. Однако, это не означает, что сухое охмеление не придает горечи. Полифенолы и другие соединения, как известно, извлекаются во время сухого охмеления и, как было показано, способствуют увеличению горечи пива [20, 23]. Это говорит о том, что изменение горечи не является основной целью сухого охмеления. Сухое охмеление проводится для увеличения «хмелевого» аромата пива и нашло применение благодаря возросшей популярности малого пивоварения в мире. Поскольку сухое охмеление производится при относительно низких температурах термическое разложение и улетучивание ароматических соединений значительно снижается. Это позволяет получить более высокую концентрацию этих соединений в готовом продукте.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Bamforth C. W. Standards of brewing: A practical approach to consistency and excellence. Boulder Colo.: Brewers Publications, 2002. № XI. P. 209.
- 2 Матвеева Н.А., Титов А.А. Применение технологии сухого охмеления в пивоварении // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 1. С. 111–118.
- 3 Kunze W. Technologie Brauer und Mälzer. Berlin: VLB Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei, 2007. 1118 p.
- 4 Карпенко Д.В., Позднякова И.Э. Повышение экстрактивности хмеля с помощью акустической обработки // Пиво и напитки. 2016. № 6. С. 46–49.
- 5 Хмелевская А.В., Черчесова С.К., Компанцев А.А., Караева И.Т. Биологически активные вещества дикорастущего хмеля обыкновенного (*Humulus lupulus* L.), произрастающего в республике Северная Осетия-Алания // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. № 2. С. 195–198.
- 6 Strong G. BJCP Beer Style Guidelines. 2015. 79 p.
- 7 Zanoli P., Zavatti M. Pharmacognostic and pharmacological profile of *Humulus lupulus* L // Journal of Ethnopharmacology. 2008. V. 116. № 3. P. 383–396.
- 8 Yamaguchi N., Satoh-Yamaguchi K., Ono M. In vitro evaluation of antibacterial, anticollagenase, and antioxidant activities of hop components (*Humulus lupulus*) addressing acne vulgaris // Phyto-medicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology. 2009. V. 16. № 4. P. 369–376.
- 9 Lermusieau G., Liégeois C., Collin S. Reducing power of hop cultivars and beer ageing // Food chemistry. 2001. V. 72. № 4. P. 413–418.
- 10 Aberl A., Coelho M. Determination of volatile compounds in different hop varieties by headspace-trap GC/MS – in comparison with conventional hop essential oil analysis // Journal of agricultural and food chemistry. 2012. V. 60. № 11. P. 2785–2792.
- 11 Cibaka M.-L. K., Gros J., Nizet S., Collin S. Quantitation of selected terpenoids and mercaptans in the dual-purpose hop varieties Amarillo, Citra, Hallertau Blanc, Mosaic, and Sorachi Ace // Journal of agricultural and food chemistry. 2015. V. 63. № 11. P. 3022–3030.
- 12 Katsiotis S.T., Langezaal C.R., Scheffer J.J.C., Verpoorte R. Comparative study of the essential oils from hops of various *Humulus lupulus* L. Cultivars // Flavour and Fragrance Journal. 1989. V. 4. P. 187–191.

- 13 Wolfe P., Qian M. C., Shellhammer T. H. The Effect of Pellet Processing and Exposure Time on Dry Hop Aroma Extraction. // Flavor Chemistry of Wine and Other Alcoholic Beverages. Washington, DC: American Chemical Society, 2012. P. 203–215.
- 14 Hughes P. The Significance of Iso- α -Acids for Beer Quality Cambridge Prize Paper // Journal of the Institute of Brewing. 2000. V. 106. № 5. P. 271–276.
- 15 Praet T., van Opstaele F., Jaskula-Goiris B., Aerts G., Cooman L. de. Biotransformations of hop-derived aroma compounds by *Saccharomyces cerevisiae* upon fermentation // Cerevisia. 2012. V. 36. № 4. P. 125–132.
- 16 Araki, S., Takashio, M. and Shinotsuka, K., A new parameter for determination of the extent of staling in beer // J. Am. Soc. Brew. Chem. 2002. № 60. P. 26–30.
- 17 Bamforth C. Schonberger C. The processing of hops. // Brewing. CRC Press. 2006.
- 18 Haseleu G., Intelmann D., Hofmann T. Identification and RP-HPLC-ESI-MS/MS quantitation of bitter-tasting beta-acid transformation products in beer // Journal of agricultural and food chemistry. 2009. V. 57. № 16. P. 7480–7489.
- 19 Taniguchi Y., Matsukura Y., Ozaki H., Nishimura K. et al. Identification and Quantification of the Oxidation Products Derived from α -Acids and β -Acids During Storage of Hops (*Humulus lupulus* L.) // Journal of agricultural and food chemistry. 2013. V. 61. № 12. P. 3121–3130.
- 20 Mikyška A., Hrabák M., Hašková D., Šrogl J. The role of malt and hop polyphenols in beer quality, flavour and haze stability // Journal of the Institute of Brewing. 2002. V. 108. P. 78–85.
- 21 Callemien D., Collin S. Use of RP-HPLC-ESI(-)-MS/MS to Differentiate Various Proanthocyanidin Isomers in Lager Beer Extracts // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2018. V. 66. № 2. P. 109–115.
- 22 Jaskula-Goiris B., Goiris K., Stryn E., van Opstaele F. et al. The Use of Hop Polyphenols during Brewing to Improve Flavor Quality and Stability of Pilsner Beer // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2018. V. 72. № 3. P. 175–183.
- 23 McLaughlin I. R., Lederer C., Shellhammer T. H. Bitterness-Modifying Properties of Hop Polyphenols Extracted from Spent Hop Material // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2018. V. 66. № 3. P. 174–183.
- 24 Delcour J. A., Schoeters M. M., Meysman E. W., Dondeyne P., Moerman E. The intrinsic influence of catechins and procyanidins on beer haze formation // Journal of the Institute of Brewing. 1984. V. 90. № 6. P. 381–384.

- 25 Plumb G. W., Pascual-Teresa S. de, Santos-Buelga C., Cheynier V. et al. Antioxidant properties of catechins and proanthocyanidins: Effect of polymerisation, galloylation and glycosylation // Free radical research. 1998. V. 29. № 4. P. 351–358.
- 26 Aron P. M., Kennedy J. A. Flavan-3-ols: Nature, occurrence and biological activity // Molecular nutrition & food research. 2008. V. 52. № 1. P. 79–104.
- 27 Scott B. C., Butler J., Halliwell B., Aruoma O. I. Evaluation of the antioxidant actions of ferulic acid and catechins // Free radical research communications. 1993. V. 19. № 4. P. 241–253.
- 28 Quifer-Rada P., Vallverdú-Queralt A., Martínez-Huélamo M., Chiva-Blanch G. et al. A comprehensive characterisation of beer polyphenols by high resolution mass spectrometry (LC-ESI-LTQ-Orbitrap-MS) // Food chemistry. 2015. V. 169. P. 336–343.
- 29 García A. A., Grande B. C., Gándara J. S. Development of a rapid method based on solid-phase extraction and liquid chromatography with ultraviolet absorbance detection for the determination of polyphenols in alcohol-free beers // Journal of chromatography. A. 2004. V. 1054. № 1-2. P. 175–180.
- 30 Hough J. S., Briggs D. E. Malting and brewing science. London: Chapman and Hall, 1981-1982. 540 p.
- 31 Матвеева Н.А., Титов А.А. Выбор сорта хмеля для технологии сухого охмеления // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2014. № 4. С. 120–125.
- 32 Bailey. The Influence of Hop Harvest Date on Hop Aroma in Dry-Hopped Beers // Technical Quarterly. 2009.
- 33 Barry S., Muggah E. M., McSweeney M. B., Walker S. A preliminary investigation into differences in hops' aroma attributes // International Journal of Food Science & Technology. 2018. V. 53. № 3. P. 804–811.
- 34 Hahn C. D., Lafontaine S. R., Pereira C. B., Shellhammer T. H. Evaluation of Nonvolatile Chemistry Affecting Sensory Bitterness Intensity of Highly Hopped Beers // Journal of agricultural and food chemistry. 2018. V. 66. № 13. P. 3505–3513.
- 35 Bryant R. W., Cohen S. D. Characterization of Hop Acids in Spent Brewer's Yeast from Craft and Multinational Sources // Journal of the American Society of Brewing Chemists. 2018. V. 73. № 2. P. 159–164.
- 36 Хоконова М. Б. Применение хмеля в пивоваренном производстве // Символ науки. 2015. №7-1.
- 37 Бородулин Д. М., Иванец В. Н., Сафонова Е. А., Прошин М. В. и др. Интенсификация процесса охмеления пивного сула с применением роторно-пульсационного аппарата // Processes and Food Production Equipment. 2017. № 4.
- 38 Рукавицын П.В., Новикова И.В., Коростелев А.В. Условия реализации способа "сухого" охмеления в пивопроизводстве. // Актуальные вопросы нутрициологии; биотехнологии и безопасности пищи материалы Всероссийской конференции молодых ученых с международным участием, 2017. С. 213–216.
- 39 Рукавицын П.В., Новикова И.В., Коростелев А.В., Парашкин М.Ю. и др. Перспективы применения способа сухого охмеления в пивоварении. // Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья Сборник научных статей и докладов II Международной научно-практической конференции (заочной). 2016. С. 105–109.
- 40 van Opstaele F., Rouck G. de, Clippeleer J. de, Aerts G. et al. Analytical and sensory assessment of hoppy aroma and bitterness of conventionally hopped and advanced hopped Pilsner beers // Cerevisia. 2011. V. 36. № 2. P. 47–59.
- 41 Podeszwa T., Harasym J. New methods of hopping dry-hopping and their impact on sensory properties of beer // Acta Innovations. 2016. № 21. P. 79–86.
- 6 Strong G. BJCP Beer Style Guidelines, 2015.
- 7 Zanolini P., Zavatti M. Pharmacognostic and pharmacological profile of Humulus lupulus L. Journal of Ethnopharmacology, 2008, vol. 116, no. 3, pp. 383–396.
- 8 Yamaguchi N., Satoh-Yamaguchi K., Ono M., In vitro evaluation of antibacterial, anticollagenase, and antioxidant activities of hop components (Humulus lupulus) addressing acne vulgaris, Phytomedicine international journal of phytotherapy and phytopharmacology, 2009, vol. 16, no. 4, pp. 369–376.
- 9 Lermusieau G., Liégeois C., Collin S., Reducing power of hop cultivars and beer ageing, Food chemistry, 2001, vol. 72, no. 4, pp. 413–418.
- 10 Aberl A., Coelhan M., Determination of volatile compounds in different hop varieties by headspace-trap GC/MS – in comparison with conventional hop essential oil analysis, Journal of agricultural and food chemistry, 2012, vol. 60, no. 11, pp. 2785–2792.
- 11 Cibaka M.-L.K., Gros J., Nizet S., Collin S., Quantitation of selected terpenoids and mercaptans in the dual-purpose hop varieties Amarillo, Citra, Hallertau Blanc, Mosaic, and Sorachi Ace, Journal of agricultural and food chemistry, 2015, vol. 63, no. 11, pp. 3022–3030.
- 12 Katsiotist S.T., Langezaal C.R., Scheffer J.J.C., Verpoorte R. Comparative study of the essential oils from hops of various Humulus lupulus L. Cultivars, Flavour and Fragrance Journal, 1989, vol. 4, pp. 187–191.
- 13 Wolfe P., Qian M.C., Shellhammer T.H. The Effect of Pellet Processing and Exposure Time on Dry Hop Aroma Extraction. Flavor Chemistry of Wine and Other Alcoholic Beverages, ACS Symposium Series. American Chemical Society, Washington, 2015. vol. 1104. pp. 203–215.
- 14 Hughes P., The Significance of Iso- α -Acids for Beer Quality Cambridge Prize Paper, Journal of the Institute of Brewing, 2000, vol. 106, no. 5, pp. 271–276.
- 15 Praet T., van Opstaele F., Jaskula-Goiris B., Aerts G. et al. Bio-transformations of hop-derived aroma compounds by Saccharomyces cerevisiae upon fermentation, Cerevisia, 2012, vol. 36, no. 4, pp. 125–132.
- 16 Araki S., Takashio M., Shinotsuka, K., A new parameter for determination of the extent of staling in beer. J. Am. Soc. Brew. Chem., 2002, no. 60, pp. 26–30.
- 17 Schonberger C. The processing of hops. Brewing. 2006.
- 18 Haseleu G., Intelmann D., Hofmann T., Identification and RP-HPLC-ESI-MS/MS quantitation of bitter-tasting beta-acid transformation products in beer, Journal of agricultural and food chemistry, 2009, vol. 57, no. 16, pp. 7480–7489.
- 19 Taniguchi Y., Matsukura Y., Ozaki H., Nishimura K. et al. Identification and Quantification of the Oxidation Products Derived from α -Acids and β -Acids During Storage of Hops (Humulus lupulus L.), Journal of agricultural and food chemistry, 2013, vol. 61, no. 12, pp. 3121–3130.
- 20 Mikyška A., Hrabák M., Hašková D., Šrogl J. The role of malt and hop polyphenols in beer quality, flavour and haze stability, Journal of the Institute of Brewing, 2002, vol. 108, pp. 78–85.
- 21 Callemien D., Collin S. Use of RP-HPLC-ESI(-)-MS/MS to Differentiate Various Proanthocyanidin Isomers in Lager Beer Extracts, Journal of the American Society of Brewing Chemists, 2018, vol. 66, no. 2, pp. 109–115.
- 22 Jaskula-Goiris B., Goiris K., Stryn E., van Opstaele F. et al. The Use of Hop Polyphenols during Brewing to Improve Flavor Quality and Stability of Pilsner Beer, Journal of the American Society of Brewing Chemists, 2018, vol. 72, no. 3, pp. 175–183.
- 23 McLaughlin I.R., Lederer C., Shellhammer T.H. Bitterness-Modifying Properties of Hop Polyphenols Extracted from Spent Hop Material, Journal of the American Society of Brewing Chemists, 2018, vol. 66, no. 3, pp. 174–183.
- 24 Delcour J.A., Schoeters M.M., Meysman E.W., Dondey P. et al. The intrinsic influence of catechins and procyanidins on beer haze formation, Journal of the Institute of Brewing, 1984, vol. 90, no. 6, pp. 381–384.
- 25 Plumb G.W., Pascual-Teresa S. de, Santos-Buelga C., Cheynier V. et al. Antioxidant properties of catechins and proanthocyanidins. Effect of polymerisation, galloylation and glycosylation, Free radical research, 1998, vol. 29, no. 4, pp. 351–358.
- 26 Aron P.M., Kennedy J.A., Flavan-3-ols. Nature, occurrence and biological activity, Molecular nutrition & food research, 2008, vol. 52, no. 1, pp. 79–104.
- 27 Scott B.C., Butler J., Halliwell B., Aruoma O.I. et al. Evaluation of the antioxidant actions of ferulic acid and catechins, Free radical research communications, 1993, vol. 19, no. 4, pp. 241–253.
- 28 Quifer-Rada P., Vallverdú-Queralt A., Martínez-Huélamo M., Chiva-Blanch G. et al. Comprehensive characterisation of beer polyphenols by high resolution mass spectrometry (LC-ESI-LTQ-Orbitrap-MS), Food chemistry, 2015, vol. 169, pp. 336–343.

REFERENCES

- 1 Bamforth C. W. Standards of brewing: A practical approach to consistency and excellence. Boulder Colo.: Brewers Publications, 2002. no. XI. pp. 209
- 2 Matveeva N. A., Titov A. A. The technology of dry hopping in brewing. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya Protsestryi apparatnyy ishchevyykh proizvodstv* [The scientific journal ITMO. Series Processes and equipment for food production], 2015. no. 1. pp. 111–118. (in Russian).
- 3 Kunze W., Technologie Brauer und Mälzer, 9., vollst. überarb. Aufl., 2007, VLB Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei, Berlin. 1118 p.
- 4 Karpenko D.V., Pozdnyakova I.E. The increase of the extract content of hops with acoustic treatment. *Pivo inapitki* [Beer and drinks]. 2016. no. 6. pp. 46–49. (in Russian).
- 5 Khmelevskaya A.V., Cherchesova S.K., Kompantsev A.A., Karaeva I.T. Biologically active substances of wild hops ordinary (Humulus lupulus L.) grown in the Republic of North Ossetia-Alania. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of Gorsky state agrarian University], 2017. no. 2. pp. 195–198. (in Russian).

29 Garcia A.A., Grande B.C., Gándara J.S. Development of a rapid method based on solid-phase extraction and liquid chromatography with ultraviolet absorbance detection for the determination of polyphenols in alcohol-free beers, *Journal of chromatography*. A, 2004, vol. 1054, no. 1-2, pp. 175–180.

30 Hough J.S., Briggs, D.E. *Malting and brewing science*, 2nd ed., London, Chapman and Hall, 1981-1982, 540 p.

31 Matveeva N.A., Titov A.A. The choice of hops for dry hopping. *Nauchnyy zhurnal NIU ITMO. Seriya: Protsesty apparatnyy ishchevykh proizvodstv* [The scientific journal ITMO. Series Processes and equipment for food production], 2014, no. 4, pp. 120–125. (in Russian).

32 Bailey, The Influence of Hop Harvest Date on Hop Aroma in Dry-Hopped Beers, *Technical Quarterly*, 2009.

33 Barry S., Muggah E.M., McSweeney M.B., Walker S., A preliminary investigation into differences in hops' aroma attributes, *International Journal of Food Science & Technology*, 2018, vol. 53, no. 3, pp. 804–811.

34 Hahn C.D., Lafontaine S.R., Pereira C.B., Shellhammer T.H. Evaluation of Nonvolatile Chemistry Affecting Sensory Bitterness Intensity of Highly Hopped Beers, *Journal of agricultural and food chemistry*, 2018, vol. 66, no. 13, pp. 3505–3513.

35 Bryant R.W., Cohen S.D. Characterization of Hop Acids in Spent Brewer's Yeast from Craft and Multinational Sources, *Journal of the American Society of Brewing Chemists*, 2018, vol. 73, no. 2, pp. 159–164.

36 Khokonova M.B. The use of hops in the brewing industry. *Simvolnauki* [Science symbol], 2015, no. 7-1. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Инна В. Новикова д.т.н., профессор, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, noviv@list.ru

Павел В. Рукавицын аспирант, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kafedra_tbsp@mail.ru

Александр С. Муравьев к.т.н., инженер, отдел стандартизации и метрологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, hntrun@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 21.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 11.04.2018

37 Borodulin D.M., Ivanets V.N., Safonova E.A., Prosin M.V. et al. The intensification of the process of the hopping of wort with the use of a rotary-pulsation apparatus. *Processes and Food Production Equipment*. 2017. no. 4. (in Russian).

38 Rukavitsyn P.V., Novikova I.V., Korostelev A.V. Conditions for the implementation of the method of dry hopping in beer production *Aktual'nye voprosy nutritsiologii; biotekhnologii i bezopasnosti pishchi materialy Vserossiiskoi konferentsii molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem* [Topical issues of nutrition; biotechnology and food safety materials of the all-Russian conference of young scientists with international participation], 2017, (in Russian).

39 Rukavitsyn P.V., Novikova I.V., Korostelev A.V., Parashkin M.Yu. et al. Prospects of application of method of dry hopping in brewing. *Innovatsionnye resheniya pri proizvodstve produktov pitaniya i zrasitel'nog osyr'ya Sbornik nauchnykh statei i dokladov II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (zaochnoi)* [Innovative solutions for the production of food products from vegetable raw materials the Collection of scientific articles and reports of the II International scientific-practical conference (in absentia)]. 2016. (in Russian).

40 van Opstaele F., Rouck G. de, Cliepleer J. de, Aerts G. et al. Analytical and sensory assessment of hoppy aroma and bitterness of conventionally hopped and advanced hopped Pilsner beers, *Cerevisia*, 2011, vol. 36, no. 2, pp. 47–59.

41 Podeszwa T., Harasym Joanna, New methods of hopping dryhopping and their impact on sensory properties of beer, *Acta Innovations*, 2016, no. 21, pp. 79–86.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Inna V. Novikova Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, noviv@list.ru

Pavel V. Rukavitsyn graduate student, technologies of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kafedra_tbsp@mail.ru

Aleksandr S. Muravev Cand. Sci. (Ebgin.), engineer, department of metrology and standardization, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, hntrun@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.21.2018

ACCEPTED 4.11.2018

Оценка маркетингового потенциала синбиотических продуктов с биоактивными растительными компонентами

Наталья С. Родионова¹ rodionovast@mail.ru
Ирина П. Щетилина¹ Irina.Shchetilina@mail.ru
Наталья А. Родионова¹ pastukhova_na@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Рост интенсивности труда и потребность в поддержании здоровья являются одной из причин трансформации структуры и характеристик потребностей населения. Данные изменения обуславливают активное развитие пищевых технологий, выполняющих социально-экономическую функцию обеспечения населения функциональными и лечебно-профилактическими продуктами, обеспечивающими здоровье-сбережение. В статье приведены результаты исследований отношения потенциальных потребителей к новым синбиотическим продуктам с прогнозируемо формируемыми функциональными, пребиотическими свойствами и биологической активностью. Приведена оценка перспективности включения разработанных биоактивных синбиотических продуктов в рецептуры блюд предприятий общественного питания и придания им функциональных свойств. Выявлены основные социально-демографические характеристики и предпочтения потребителей в отношении синбиотических продуктов с композициями биоактивных растительных компонентов. Выявлены тенденции изменения потребностей, их дуализм, дилеммы, реальность и проблемы основных драйверов, актуальных для современного потребителя, ожидание цены, предпочтительные варианты введения биоактивных синбиотических продуктов в рецептуры блюд. Проведенное исследование позволяет сделать вывод о необходимости учитывать при разработке новых технологий и отражать в информационных и рекламных материалах выявленные ожидания потребителей в отношении вкуса, полезности, безопасности, удобства и аутентичности новых продуктов, в том числе синбиотических с растительными биологическими активными компонентами, а введение их в рецептуры блюд – перспективное направление развития предприятий сегмента HoReCa. Полученные результаты исследования, выполненного с ориентиром на предприятия сектора общественного питания, представляются актуальными, поскольку применение синбиотических продуктов с растительными биологическими компонентами является расширением возможностей для пищевых и биотехнологий, организаций общественного питания с оправданным социально-экономическим эффектом.

Ключевые слова: потенциальные потребители, синбиотические продукты с растительными компонентами, социально-демографические характеристики, тенденции изменения потребностей, дуализм потребностей, потребительские предпочтения

Assessment of marketing potential of synbiotic products with bioactive plant components

Natalya S. Rodionova¹ rodionovast@mail.ru
Irina P. Shchetilina¹ Irina.Shchetilina@mail.ru
Natalya A. Rodionova¹ pastukhova_na@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The increase in the intensity of work and the need to maintain health are one of the reasons for the transformation of the structure and characteristics of the needs of the population. These changes cause the active development of food technologies that perform the socio-economic function of providing the population with functional and therapeutic and prophylactic products that ensure health protection. The article presents the results of research on the relationship of potential consumers to new synbiotic products with predictable functional, prebiotic properties and biological activity. The article presents an assessment of the prospects of including the developed bioactive synbiotic products in the recipes of public catering enterprises and giving them functional properties. The main socio-demographic characteristics and preferences of consumers in relation to synbiotic products with compositions of bioactive plant components are revealed. Identified trends in needs, their dualism, dilemma, the reality and challenges of the main drivers relevant for the modern consumer, the expectation of prices, the preferred options for the introduction of bioactive synbiotic foods in formulation of food. The study concludes that it is necessary to take into account in the development of new technologies and reflect in information and advertising materials the identified expectations of consumers with regard to taste, usefulness, safety, convenience and authenticity of new products, including synbiotic with plant biological active components, and their introduction into recipes – a promising direction of development of enterprises of The Nores segment. The results of the study, carried out with a focus on enterprises in the catering sector, seem relevant, since the use of synbiotic products with plant biological components is an expansion of opportunities for food and biotechnology, catering organizations with a justified socio-economic effect.

Keywords: potential consumers, symbiotic products with plant components, socio-demographic characteristics, trends in needs, dualism of needs, consumer preferences

Для цитирования

Родионова Н.С., Щетилина И.П., Родионова Н.А. Оценка маркетингового потенциала синбиотических продуктов с биоактивными растительными компонентами // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 150–157. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-150-157

For citation

Rodionova N.S., Shetilina I.P., Rodionova N.A. Assessment of marketing potential of synbiotic products with bioactive plant components. *Vestnik VGUET* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 150–157. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-150-157

Введение

В условиях сервисной экономики важным этапом создания нового продукта является не только формирование соответствующих функциональных органолептических качеств продукта для здорового питания, но и прогнозирование его маркетингового потенциала, востребованности на рынке. Важно также определить потенциальный спрос и выявить портрет целевой группы потребителей, что и является результатом маркетинговых исследований [1].

Материалы и методы

Маркетинговые исследования проводили методом опроса, который дает возможность получения информации как о текущем состоянии объекта исследования, так и о тенденциях и намерениях в перспективе.

В ходе маркетинговых исследований были сформулированы и реализованы следующие задачи: конкретизация отношения потенциальных потребителей к синбиотическим продуктам для здорового питания, содержащим растительные биологически активные композиции;

оценка перспективности включения разработанных продуктов рецептуры блюд для предприятий общественного питания и придания им функциональных свойств; выявление основных социально-демографических характеристик и предпочтений целевой группы в отношении синбиотических продуктов с композициями биоактивных растительных компонентов (КБРК); построение модели формирования цены на синбиотические продукты с КБРК и блюда с их использованием [2, 3].

Для реализации сформулированных задач была определена генеральная совокупность жителей Воронежа и области. В качестве критериев формирования данной совокупности были определены социальный статус, половозрастные характеристики, семейное и материальное положение.

Результаты и обсуждение

В результате исследования основных ценностей потребителей при принятии решения о покупке и обработки результатов были получены следующие данные (рисунок1).



Рисунок 1. Распределение ответов на вопросы «Что для вас важно при покупке нового синбиотического продукта?»
Figure1. Distribution of answers to the questions "What is important for you when buying a new synbiotic product?"

Однозначно важное значение имеет безопасность продукта (100% положительных ответов), от 80 до 100% респондентов отметили важность вкуса продукта, его полезности, стоимости, удобство потребления, аутентичность.

При этом 68% опрошиваемых заявили, что ведут здоровый образ жизни (рисунок2) [9].

Каждый из выделенных респондентами факторов характеризует актуальную потребность современного потребителя, причем перечень потребностей и их характеристика имеет тенденцию к изменениям на данном этапе развития сервисной экономики (таблица1).

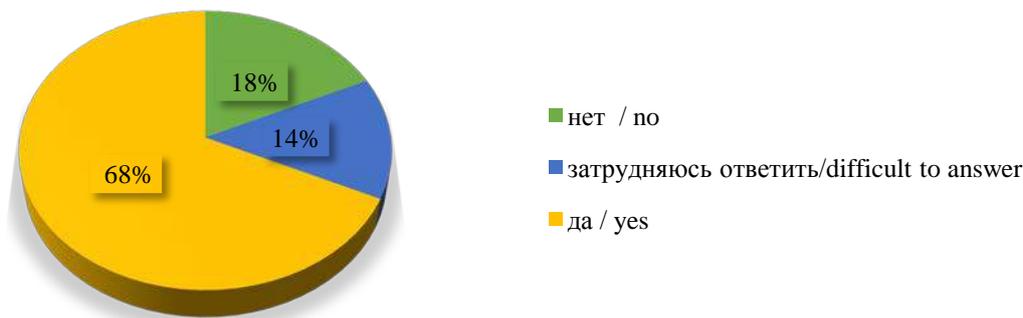


Рисунок 2. Распределение ответов на вопрос: «Относите ли Вы себя к людям, придерживающимся здорового образа жизни?»

Figure 2. Distribution of answers to the question: «Do you Refer yourself to people who adhere to a healthy lifestyle?»

Характеристики потребностей и их потенциальные изменения

Таблица 1.

Characteristics of needs and potential changes

Table 1.

Потребность Need	Характеристика Characteristic	Тенденции развития Development trend
Безопасность Security	Главная ценность, повышение требований Main value, increasing requirements	Следование нормативам → прозрачность состава, источников, технологий Adherence to the standards → the transparency of the composition, source, technology
Польза Use	Стремление к здоровой пище The pursuit of healthy food	Тренд здоровья → здоровые привычки The trend of health → healthy habit
Удобство Convenience	Возможность питаться лучше каждый день The ability to eat better every day	Компромисс → ежедневная возможность потребления Compromise → daily the possibility of consumption
Вкус Taste	Движение к натуральным ощущениям Movement to natural sensations	Искусственные «Ноты» → натуральные вкусы Artificial «Notes» → natural taste
Аутентичность Authenticity	Удовлетворение уникальных потребностей Meeting unique needs	Единый универсальный формат для всех → аутентичность Single universal format for all → authenticity

Анализ результатов собеседования с респондентами выявил суть потребностей и их трансформацию в парадигме современного отношения потребителя к продуктам питания.

При конкретизации полезных свойств новых синбиотических продуктов респондентам были перечислены положительные эффекты от их употребления (рисунок 3). Среди наиболее

ожидаемых эффектов были выделены: восстановление энергетического баланса (70 респонд.), профилактика болезней ЖКТ (63 респонд.), омолаживающее действие (48 респонд.), профилактика сердечно-сосудистых заболеваний (14 респонд.), профилактика и лечение болезней кожи (12 респонд.) [10, 11].

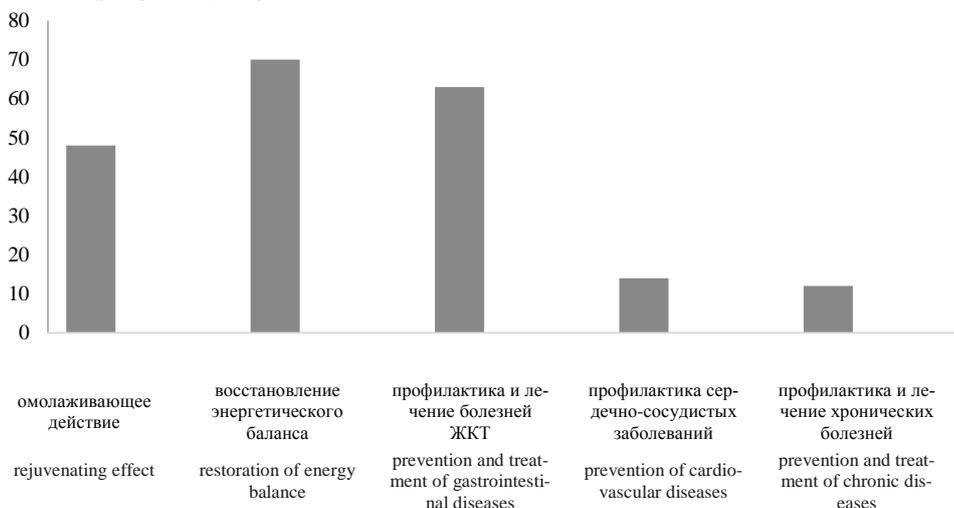


Рисунок 3. Анализ мнения респондентов о полезных свойствах, инновационных продуктов

Figure 3. The analysis of opinion of respondents about the beneficial properties, innovative products

В результате опроса была выявлена тенденция к дуальности характеристик продукта, обусловленная существующими реалиями – полезные продукты не всегда могут быть удобны в потреблении или достаточно вкусны, или гарантированно безопасны.

Например, при общем положительном отношении к продуктам из фермерского молока, часть респондентов высказала опасения в отношении его безопасности. Основные варианты дилемм потребностей и возникающие проблемы охарактеризованы в таблице 2.

Таблица 2.

Дуализм потребностей: дилеммы и возникающие проблемы

Table 2.

The duality of needs: dilemmas and challenges

Желательность взаимодействия драйверов-дилеммы The desirability of driver-driver interaction-dilemmas	Реальность Reality	Проблемы Problem
Вкус + польза Taste + use	Полезное для здоровья питание не всегда вкусное. Продукты с высокой степенью переработки, богатые жирами, калориями и усилителями вкуса более привлекательны. Healthy food is not always tasty. Products with a high degree of processing, rich in fats, calories and flavor enhancers are more attractive.	Как сделать полезные продукты более вкусными? How to make healthy foods more delicious?
Удобство + польза Convenience+use	Здоровое питание требует много времени и усилий. «Фаст Фуд» – быстро, но вредно. A healthy diet requires a lot of time and effort. «Fast Food» - fast, but harmful.	Как сделать полезные продукты удобными? How to make useful products convenient?
Польза + безопасность Use+security	Полезные продукты богаты питательными веществами и не содержат консервантов, их сложно хранить, они могут быть небезопасны при хранении. Useful products are rich in nutrients and contain no preservatives, they are difficult to store, they may not be safe to store.	Как сделать готовые к потреблению продукты без консервантов безопасными? How to make ready-to-eat foods without preservatives safe?
Вкус + безопасность Taste + security	Вкусовые ощущения – главное в оценке продукта. Самые вкусные продукты в мелкосерийном производстве, но они часто небезопасны. Taste sensations-the main thing in the evaluation of the product. The most delicious products in small-scale production, but they are often unsafe.	Как сделать безопасным мелкосерийное производство? How to make small-scale production safe?
Аутентичность + безопасность Authenticity+security	Аутентичные «домашние» продукты вкусные, но могут быть небезопасны. Повышенное доверие к промышленным продуктам. Authentic «home-made» foods are tasty but can be unsafe. Increased confidence in industrial products.	Как сделать аутентичные продукты безопаснее? How to make authentic products safer?

Решение сформулированных респондентами дилемм позволит обеспечить конкурентное преимущество новых продуктов и стать источником активного развития бизнеса в сегменте здоровых и полезных продуктов. Сегодня молочные, и в особенности, пробиотические продукты сохраняют имидж полезных для здоровья [4, 12, 13].

В соответствии с результатами проведенного исследования, узнаваемость пробиотических, пребиотических и синбиотических продуктов в настоящее время достаточно велика - 90% участников слышали о данной группе продуктов, только 7% не знакомы с данными продуктами (рисунок 4).

В целях выявления потенциальных предпочтений и востребованности новых синбиотических продуктов и кулинарных изделий с их применением был задан вопрос – хотели ли бы они, чтобы блюда в меню предприятий общественного питания имели пробиотический эффект и были более полезными в результате введения в рецептуры натуральных растительных биологически активных ингредиентов. В результате 40% опрошенных отметили, что хотели бы видеть в меню предприятий сектора HoReCa более полезные блюда за счет введения пробиотических микроорганизмов и биологически активных растительных компонентов (рисунок 5) [5, 6].

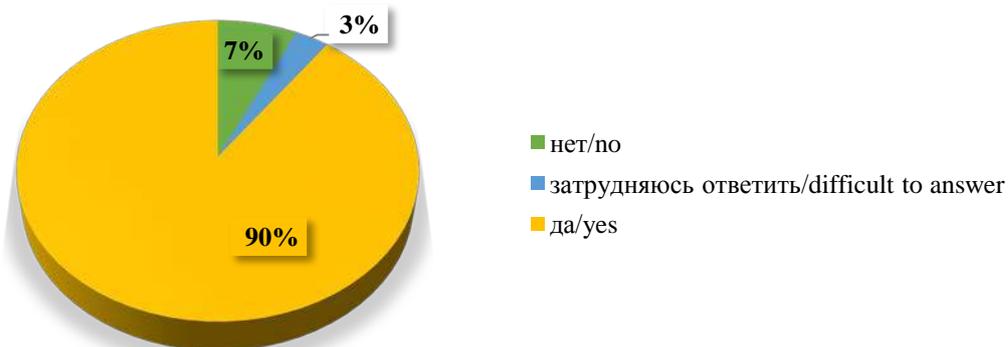


Рисунок 4. Осведомленность респондентов о наличии на рынке пробиотических, пребиотических и синбиотических продуктов

Figure 4. Awareness of respondents about the availability of probiotic, prebiotic and symbiotic products on the market

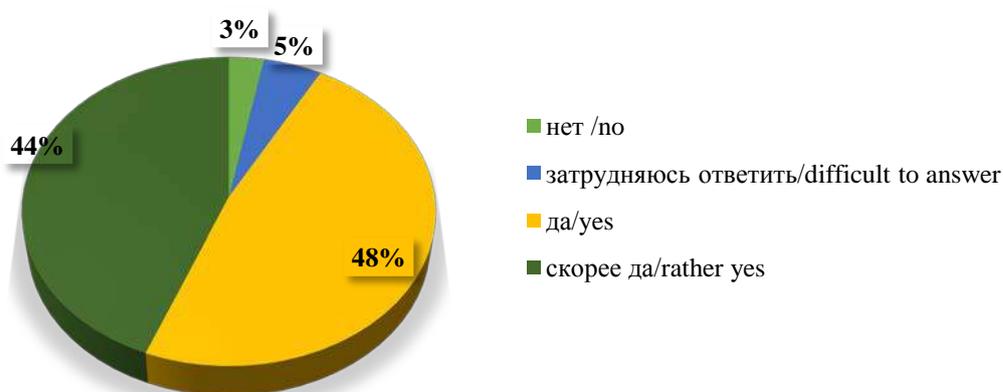


Рисунок 5. Актуальность внедрения блюд с пробиотиками и композицией биоактивных растительных компонентов в меню предприятий общественного питания

Figure 5. Urgency of introduction of dishes with probiotics and bioactive plant components composition in the menu of catering establishments

Немаловажным этапом маркетингового исследования был вопрос, определения вида заведения общественного питания, в котором респонденты были бы готовы покупать блюда с пробиотиками и биоактивными ингредиентами (рисунок 6). В соответствии с полученными данными, ответы распределились следующим

образом: демократичный ресторан-кафе (60%), фаст-фуд (23%), столовая (13%), ресторан классический (4%).

Важным фактором при продвижении нового продукта на рынок питания является определение возможного вида блюда (рисунок 7).

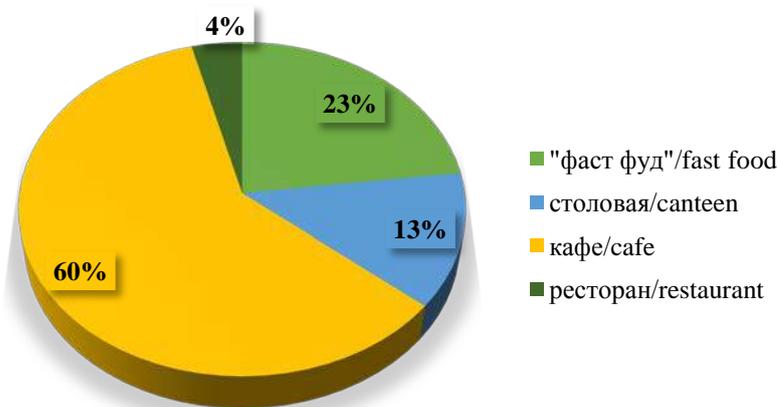


Рисунок 6. Предпочтение респондентов сегмента предприятий ресторанного рынка

Figure 6. Preference of respondents of the segment of the restaurant market enterprises

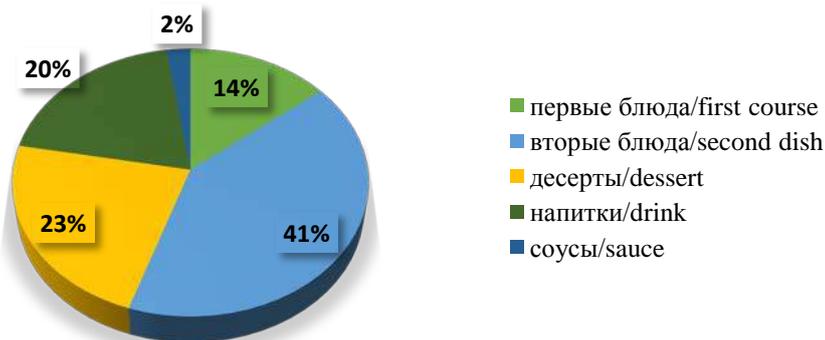


Рисунок 7. Предпочтение потребителей о группе блюд, для внедрения синбиотического продукта
Figure 7. The preference of consumers about food, for the implementation of the synbiotic product

Наибольшее количество респондентов (41) отметили предпочтение введения синбиотических продуктов с биологически активными растительными добавками во вторые блюда, 23% предпочли функциональные десерты и напитки, 20% – первые блюда и только 2% предпочли соусы. Однако, следует отметить, что соусы, как правило входят в состав вторых блюд или десертов (сладкие соусы), поэтому соусы с пробиотиками и биоактивными ингредиентами могут придать функциональные свойства второму блюду.

Для определения уровня платежеспособности респондентов, был задан вопрос о размере среднего чека, при посещении предприятия питания (рисунок8), установлено, что средний чек более 1000 р. приемлем для 29% участников опроса, 500–1000 р. – платят 34% респондентов, до 500 р. – 37%.

Для решения вопроса о возможности определения премиального уровня цен на синбиотические продукты и блюда повышенной функциональности с их применением в анкете был предусмотрен вопрос: «Готовы ли заплатить более высокую цену за блюдо или продукт?». Установлено, что 45% респондентов выразили согласие на повышение цены в диапазоне 20–50%, 29% – затруднились ответить и 26% выразили несогласие с назначением премиальной цены (рисунок9).

При детализации свойств и актуализации характеристик новых продуктов, за которые потенциальные потребители готовы были заплатить премиальную цену получены следующие результаты: 90% – за высокое качество и безопасность, 84% – за высокие потребительские свойства, 80% – за натуральные ингредиенты и аутентичность, 77% – за экологически чистые, органические продукты в составе блюда (рисунок10).

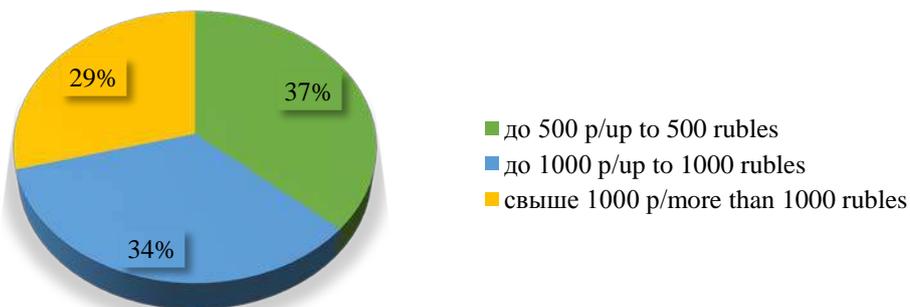


Рисунок 8. Определение предпочтительной суммы среднего чека одного респондента
Figure 8. Determining the preferred amount of the average check per Respondent



Рисунок 9. Мнение респондентов о повышении цены на исследуемую группу товаров
Figure9. Opinion of respondents on price increase for the product group under study

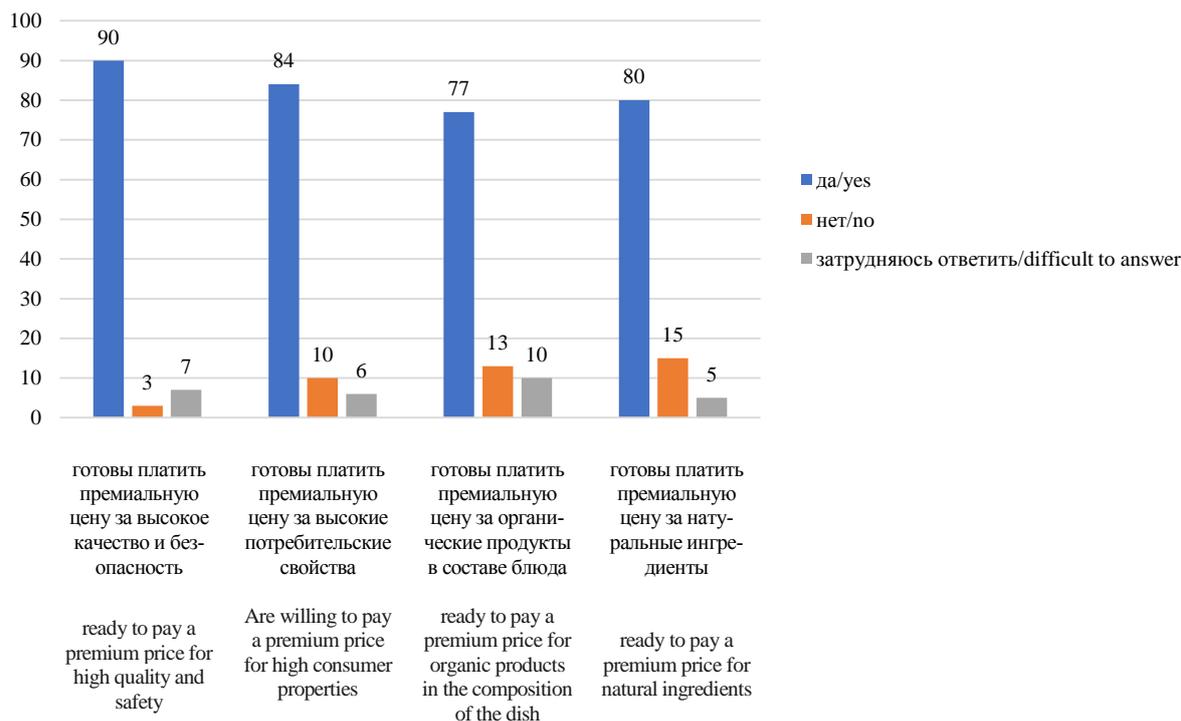


Рисунок 10. Готовность респондентов платить премиальную цену за актуальные характеристики
 Figure 10. The willingness of respondents to pay a premium price for the relevant characteristics

Заклучение

Таким образом, новые разрабатываемые продукты должны удовлетворять по своим характеристикам требованиям сегмента премиум, но при этом должны быть достаточно демократичны по цене.

При принятии решения о выпуске нового товара необходимо оценивать потенциальную емкость рынка. В качестве периода, за который проведена оценка потенциальной емкости рынка, был выбран месяц.

Проведенное исследование позволяет сделать вывод, что применение синбиотических продуктов с композицией растительных биологических активных компонентов в области общественного питания перспективно и экономически эффективно. Реализация данного проекта имеет важное социальное

значение так как, ухудшение экологической ситуации в большинстве городов как минимум не способствует улучшению здоровья граждан, особенно в условиях ускоряющегося темпа их жизни [7, 8, 14].

Полученные результаты исследования, выполненного с ориентиром на предприятия сектора общественного питания, представляются актуальными, поскольку именно развитая сеть предприятий сектора HoReCa может способствовать получению максимального эффекта влияния пробиотиков и растительных биодобавок на организм человека. Следовательно, применение синбиотических продуктов с растительными биологическими компонентами является расширением возможностей для пищевых и биотехнологий, организаций общественного питания с оправданным социально-экономическим эффектом.

ЛИТЕРАТУРА

1 Киселев В.М. Теоретические основы концепции паритета потребностей и методологии формирования ассортимента товаров // Эксклюзивный маркетинг. 2013. № 3. С. 32–42.
 2 Захаренко С.М., Суворов А. Н. Антибиотики, пробиотики, пребиотики: друзья или враги? // Consilium medicum. 2009. № 8 (11). С. 47–51.
 3 Дармов И.В., Лундовских И.А., Гаврилов К.Е., Чичерин И.Ю. и др. Пробиотики: вектор развития // Практическая медицина. 2012. № 3 (58). С. 180–188.
 4 Алексеева Т.В., Ряскина Л. О., Родионов А.А., Сафонова Н.В. и др. Новые синбиотические пищевые системы для профилактического питания // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2016. № 4 (352). С. 44–47.

5 Глаголева, Л.Э., Корыстин М.И., Родионов А. А., Пастухова Н. А. Разработка ассортимента пробиотических продуктов с иммуномодулирующими свойствам // сб.: «Физическая и коллоидная химия – основа новых технологий и современных методов анализа в химической и пищевой отраслях промышленности» Воронежский государственный университет инженерных технологий; под общей редакцией проф. Т. А. Кучменко. Воронеж, 2016. С. 79–82.
 6 Белокурова Е.В., Солохин С.А., Родионов А. А. Разработка технологии булочных изделий с внесением пробиотического бакконцентрата «иммунолакт» // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 3 (11). С. 51–55.

7 Zhang L. et al. Manufacture of cheddar cheese using probiotic *Lactobacillus plantarum* K25 and its cholesterol-lowering effects in a mice model // World J. Microbiol. Biotechnol. 2013. V. 29. P. 127–135.

8 Candela M. Interaction of probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains with human intestinal epithelial cells: adhesion properties, competition against enteropathogens and modulation of IL-8 production // Int. J. Food Microbiol. 2008. V. 125. P. 286–292.

9 Bengmark S. Synbiotic treatment in Clinical Praxis. Text. // In: Host Microflora Crosstalk. Old Herborn University Seminar. 2003. № 16. P. 69–82.

10. Collins M. D., Gibson G. R. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut // Am.J.Clin.Nutr. 1999. № 69(5). P. 1052–1057.

11. Meyer A. L., Micksche M., Herbacek I. et al. Daily intake of probiotic as well as conventional yogurt has a stimulating effect on cellular immunity in young healthy women // Ann. Nutr. Metab. 2006. V. 50 (3). P. 282–289.

12. Sazawal S.G., Hiremath U., Dhingra P., Malik P. et al. Efficacy of probiotics in prevention of acute diarrhoea: a meta-analysis of masked randomised, placebo-controlled trials // Lancet Infect Dis. 2006. V. 6. P. 374.

13. Helene J., Giroux M. Heat treatment of whey protein in the presence of anionic surfactants // Food Hydrocolloids. 2011. V. 18. P. 665–689.

14. Pokorny J., Yanishlieva N. Antioxidants in food. Practical applications // CRC Press. 2011. P. 380–387.

REFERENCES

1 Kiselev V. M. Theoretical bases of the concept of parity of requirements and methodology of formation of the range of goods. *Ekskluzivnyi marketing* [Exclusive marketing] 2013. no. 3. pp. 32–42. (in Russian)

2 Zakharenko S. M., Suvorov A. N. Antibiotics, probiotics, prebiotics: friends or enemies?. *Consilium medicum* [Consilium medicum] 2009. no. 8 (11). pp. 47–51. (in Russian)

3 Darmov I. V., Landowski I. A., Gavrillov K. E., Chicherin I. Yu. et al. Probiotics: development. *Prakticheskaya meditsina* [Practical medicine] 2012. no. 3 (58). pp. 180–188. (in Russian)

4 Alekseeva T. V., Ryaskina L. O., Rodionov A. A., Safonova N. V. et al. New synbiotic food systems for preventive nutrition. *Izvestiya vuzov* [Proceedings of higher educational institutions. Food technology] 2016. no. 4 (352). pp. 44–47. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья С. Родионова д.т.н., профессор, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, rodionovast@mail.ru

Ирина П. Шетилина к.т.н., доцент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, Irina.Shchetilina@mail.ru

Наталья А. Родионова студент, кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, pastukhova_na@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 25.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.05.2018

5 Glagoleva L. E., Korytin M. I., Rodionov A. A., Pastukhov N.A. et al. Development of a range of probiotic products with immunomodulatory properties. *Fizicheskaya i kolloidnaya khimiya* [Physical and colloid chemistry – the basis of new technologies and modern methods of analysis in chemical and food industries. Voronezh state University of engineering technologies; under the General editorship of Professor T. A. Kuchmenko] Voronezh. 2016. pp. 79–82. (in Russian)

6 Belokurova E. V., Solokhin S. A., Rodionov A. A. Development of technology of bakery products with the introduction of probiotic beconcentrated "immunolab". *Tekhnologiya pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti* [Technologies of food and processing industry of AIC – healthy food] 2016. no. 3 (11). pp. 51–55. (in Russian)

7 Zhang L. et al. Manufacture of cheddar cheese using probiotic *Lactobacillus plantarum* K25 and its cholesterol-lowering effects in a mice model. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 2013. vol. 29. pp. 127–135.

8 Candela M. Interaction of probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium* strains with human intestinal epithelial cells: adhesion properties, competition against enteropathogens and modulation of IL-8 production. *Int. J. Food Microbiol.* 2008. vol. 125. pp. 286–292.

9 Bengmark S. Synbiotic treatment in Clinical Praxis. Text. In: Host Microflora Crosstalk. Old Herborn University Seminar. 2003. no. 16. pp. 69–82.

10. Collins M. D., Gibson G. R. Probiotics, prebiotics, and synbiotics: approaches for modulating the microbial ecology of the gut. *Am.J.Clin.Nutr.* 1999. no. 69(5). pp. 1052–1057.

11. Meyer A. L., Micksche M., Herbacek I. et al. Daily intake of probiotic as well as conventional yogurt has a stimulating effect on cellular immunity in young healthy women. *Ann. Nutr. Metab.* 2006. vol. 50 (3). pp. 282–289.

12. Sazawal S.G., Hiremath U., Dhingra P., Malik P. et al. Efficacy of probiotics in prevention of acute diarrhoea: a meta-analysis of masked randomised, placebo-controlled trials. *Lancet Infect Dis.* 2006. vol. 6. pp. 374.

13. Helene J., Giroux M. Heat treatment of whey protein in the presence of anionic surfactants. *Food Hydrocolloids.* 2011. vol. 18. pp. 665–689.

14. Pokorny J., Yanishlieva N. Antioxidants in food. Practical applications. CRC Press. 2011. pp. 380–387..

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natalya S. Rodionova Dr. Sci. (Engin.), professor, department of service and restaurant business, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, rodionovast@mail.ru

Irina P. Shchetilina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of service and restaurant business, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, Irina.Shchetilina@mail.ru

Natalya A. Rodionova student, department of service and restaurant business, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pastukhova_na@mail.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.25.2018

ACCEPTED 5.18.2018

Совершенствование технологии сбивных конфет с применением белка повышенной взбиваемости

Манана Е. Ткешелашвили	¹	mananat@yandex.ru
Галина А. Бобождонова	¹	mananat@yandex.ru
Газибег О. Магомедов	²	mmg@inbox.ru
Магомед Г. Магомедов	²	mmg@inbox.ru

¹ Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Нестабильные показатели качества сухих яйцепродуктов, обусловленные особенностями их технологии и разнообразием стран-производителей, являются причиной различия функционально-технологических свойств яйцепродуктов в равных условиях их восстановления, что вызывает необходимость исследования их эффективного использования и нахождения стабильных параметров получения качественной, стойкой пенной структуры. Цель исследований – стабилизация и повышение качества сбивных конфет путем научного и практического обоснования применения яичного белка «IGRECA» повышенной пенообразующей способности, стабильности и термоустойчивости. Работа выполнена в Научно-исследовательском институте «Продовольственная безопасность» РЭУ им. Г.В. Плеханова. Методы и методики исследования применяли традиционные для лабораторий кондитерских фабрик. Объектом исследования являлись корпуса сбивных конфет, изготовленные в производственных условиях. Сбивные конфетные массы получали путем сбивания пенообразователя с сахаро-паточно-агаровым сиропом при стандартной температуре 60 °С и повышенной температуре 80 °С. В качестве пенообразователя использовали сухой яичный белок повышенной взбиваемости торговой марки «IGRECA» (Франция), поставляемый на российский рынок компанией «Союзопторг». Объекты исследовали в течение 6 месяцев. Проведенные лабораторные эксперименты показали, что процесс сбивания проходит значительно интенсивнее при повышении температуры сиропа до 80 °С. Плотность корпусов конфет, получаемых при таких параметрах технологического процесса существенно ниже (пена больше насыщается воздухом), но при этом стабильна в хранении. Таким образом, экспериментальным путем подтверждена термоустойчивость белка повышенной взбиваемости и эффективность его использования в промышленном производстве за счет большей пенообразующей способности. Использование белка повышенной взбиваемости позволяет сократить время производственного процесса приготовления масс и сократить расход энергии за счет сокращения времени охлаждения сахаро-паточно-агарового сиропа. В результате проведенных исследований предложена усовершенствованная технология производства сбивных изделий для обеспечения улучшенных качественных характеристик и гарантированного срока годности.

Ключевые слова: белок повышенной взбиваемости, сбивные конфеты

Improving the technology of whipped sweets using high whip egg white powder

Manana E. Tkeshelashvili	¹	mananat@yandex.ru
Galina A. Bobozhonova	¹	mananat@yandex.ru
Gazibeg O. Magomedov	²	mmg@inbox.ru
Magomed G. Magomedov	²	mmg@inbox.ru

¹ Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Unstable indicators of the quality of dry egg products caused by the peculiarities of their technology and variety of producing countries which are the reason for the difference in the functional and technological properties of egg products in equal conditions for their recovery which makes the need of the research of their effective use and finding stable parameters for obtaining quality stable foam structure. The purpose of this work is to stabilize and improve the quality of the whipped sweets by scientifically and practically explanation the use of the egg protein “IGRECA” with increased foaming capacity, stability and thermal stability. The work is performed at the Scientific research institute of “Food Security” of Plekhanov Russian University of Economics. Applied methods and techniques of research are the traditional ones, which are used at laboratories confectioneries. The object of the research was the bodies of whipped sweets made in production conditions. Whipped sweets masses were obtained by knocking down a froth forming with sugar-treacle-agar syrup at a standard temperature of 60 °C and an increased temperature of 80 °C. As a froth forming were used a high whip egg white powder of the trade mark “IGRECA” (France) supplied to the Russian market by the company «Soyuzoptorg». The objects were researched for 6 months. The conducted laboratory experiments showed that the process of knocking down passes much more intensively with an increase in the temperature of the syrup to 80 °C. The density of bodies sweets obtained with such parameters of the technological process is much lower (the foam is more saturated with air) but it is stable in storage. Thus, experimentally confirmed thermal stability of the protein increased whipping and the efficiency of its use in industrial production due to the greater foaming capacity. The use of a protein of increased whipping reduces the time of the production process of mass preparation and reduces energy consumption by reducing the cooling time of the sugar-treacle-agar syrup. As a result of the conducted researches the advanced technology of manufacture of whipped goods is offered to provide the improved quality characteristics and the guaranteed period of shelf life.

Keywords: high whip egg white powder, whipped sweets

Для цитирования

Ткешелашвили М.Е., Бобождонова Г.А., Магомедов Г.О., Магомедов М.Г. Совершенствование технологии сбивных конфет с применением белка повышенной взбиваемости // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 158–164. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-158-164

For citation

Tkeshelashvili M.E., Bobozhonova G.A., Magomedov G.O., Magomedov M.G. Improving the technology of whipped sweets using high whip egg white powder. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 158–164. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-158-164

Введение

Сбивные конфетные массы получают путем сбивания пенообразователя с сахаропаточно-агаровым сиропом и последующим введением в смесь вкусовых, ароматических и красящих веществ. В качестве пенообразователя чаще всего используют белок куриного яйца в свежем, замороженном или сухом виде. Одним из недостатков яичного белка является низкая температура его денатурации, которая лежит в пределах 59–61 °С. При температуре около 65 °С белок теряет текучесть, происходит его денатурация и теряет способность снова переходить в раствор. В связи с этим свойством белка, технологический процесс ведут при температуре в сахаропаточно-агаровом сиропе не более 60 °С, во избежание потери пенообразующей способности белка.

Сбивные конфеты имеют пено- и студнеобразную структуру, поэтому одним из показателей качества сбивных масс является ее плотность (0,3–0,7 г/см³) и пластическая прочность (20–25 кПа). Недостаточная пышность – основной дефект сбивных конфет. Низкая пенообразующая способность и температура денатурации белка приводит к понижению качества сбивных конфет.

В кондитерской промышленности большое применение нашли порошкообразные яичные продукты, так как – технологически безопасны и экономически целесообразны [1].

Кондитерская отрасль нуждается в яичных продуктах с повышенными пенообразующими свойствами. Нестабильные показатели качества сухих яйцепродуктов, обусловленные особенностями их технологии и разнообразием стран-производителей (Россия, Китай, Франция, Аргентина, Германия, Италия), являются причиной различия функционально-технологических свойств яйцепродуктов в равных условиях их восстановления, что вызывает необходимость исследования их эффективного использования и нахождения стабильных параметров получения качественной, стойкой пенной структуры. Известна технология производства сухого яичного белка с усиленными функциональными свойствами [2], путем обессахаривания яичного белка процессом ферментации и последующей сушкой в мягких режимах. При ферментации жидкого яичного белка количество сахаров снижается примерно в 50 раз, а пенообразующая способность возрастает на 30%, стойкость пены – на 18% [2,9,10].

Образцы, полученные при повышенных температурах сухого белка (70–80 °С) в течение различных интервалов времени имели при незначительном снижении растворимости

на 5–7%, повышенную пенообразующую способность почти в два раза, а стойкость пены на 7% [3–5].

Яичный белок, высушенный в диапазоне температуры 50–60 °С, имеет растворимость меньшую, чем в диапазоне – 45–50 °С. Кроме того, на растворимость оказывает влияние продолжительность воздействия повышенных температур. Например, сухой белок при температуре 80 °С за 1 час может потерять 5% своей растворимости, а за 4 часа – 8%. Поэтому процесс сушки и последующее охлаждение яичного белка надо проводить в краткосрочном и низкотемпературном воздействии [3,6,7].

Ферментированный сухой белок в процессе хранения в течение 15 месяцев при 40 °С сохраняет на 98% растворимость, в то время как для не ферментированного – на 48%.

Цель исследований – стабилизация и повышение качества сбивных конфет путем научного и практического обоснования применения яичного белка «IGRECA» повышенной пенообразующей способности, стабильности и термоустойчивости.

Задачами исследования являются:

1. Провести сравнительный анализ пенообразующей способности и устойчивости пен на основе яичного белка контрольного и предлагаемого образца;
2. Изучить кинетику пенообразования сбивной конфетной массы, полученной на основе контрольного при температуре 60 °С и предлагаемого (80 °С) образцов яичного белка;
3. Исследовать физико-химические и структурно-механические свойства корпусов сбивных конфет в процессе хранения в течение 6 месяцев;
4. Дать заключение о целесообразности применения яичного белка «IGRECA» в производстве сбивных конфет.

Ход исследования

Объектом исследования являлись корпуса сбивных конфет, приготовленные в производственных условиях. В качестве пенообразователя использовали сухой яичный белок повышенной взбиваемости («IGRECA», Франция), поставляемый на российский рынок компанией «Союзопторг». Для восстановления сухой яичный белок разводили в теплой воде (40 °С) в соотношении 1:7, и перемешивали в течение 20 минут до полного растворения.

Сбивные конфетные массы получали путем сбивания пенообразователя с сахаропаточно-агаровым сиропом при контрольной стандартной температуре 60 °С и повышенной температуре 80 °С.

Предварительно исследовали модельные растворы яичного белка контрольного и предлагаемого образцов и сбивных конфетных масс на их основе, на пенообразующую способность и пеноустойчивость, дисперсность воздушных пузырьков.

Физико-химические и структурно-механические свойства корпусов сбивных конфет исследовали в течение 6 месяцев хранения.

Методы и методики объектов исследования применяли традиционные при проведении экспериментов в лаборатории кондитерской фабрики[8].

Активность воды (A_w) находили как отношение парциального давления водяного пара над поверхностью продукта к давлению насыщенного водяного пара при той же температуре по формуле:

$$A_w = P / P_o = R_h / 100, \quad (1)$$

где P – давление водяного пара в системе над изделием; P_o – давление пара над водой; R_h – равновесная относительная влажность в состоянии равновесия, при которой изделие не поглощает влагу и не отдает ее в атмосферу, %.

Активность воды (A_w) измеряли на приборе «АКВАЛАБ».

Плотность сбивной конфетной массы определяли, как частное от массы корпуса конфет и его объема, массовую доли влаги – высушиванием по ГОСТ 5900.

Результаты и обсуждение

При производстве сбивных конфет возникает нестабильность структурно-механических характеристик пенообразной массы за счет разрушения структуры белка при сбивании с сахаро-паточно-агаровым сиропом с температурой выше 60 °С. С целью стабилизации технологического процесса, снижения энергозатрат, улучшения потребительских характеристик сбивных конфет в производственных условиях проведена серия экспериментов по изготовлению опытных образцов корпусов сбивных конфет с использованием сухого яичного белка «IGRECA» повышенной взбиваемости, при варьировании температурных режимов сбивания.

Наиболее важными и объективными технологическими критериями качества пенообразных масс являются пенообразующая способность и пеноустойчивость, дисперсность воздушных пузырьков, кратность пен и вязкость. При этом сравнительный анализ этих показателей модельных пен яичного белка (12,0% СВ) контрольного и предлагаемого образцов показал, что пенообразующая способность, пеноустойчивость, скорость образования пены, дисперсность воздушных пузырьков и вязкость значительно выше для яичного белка повышенной взбиваемости (рисунок 1).

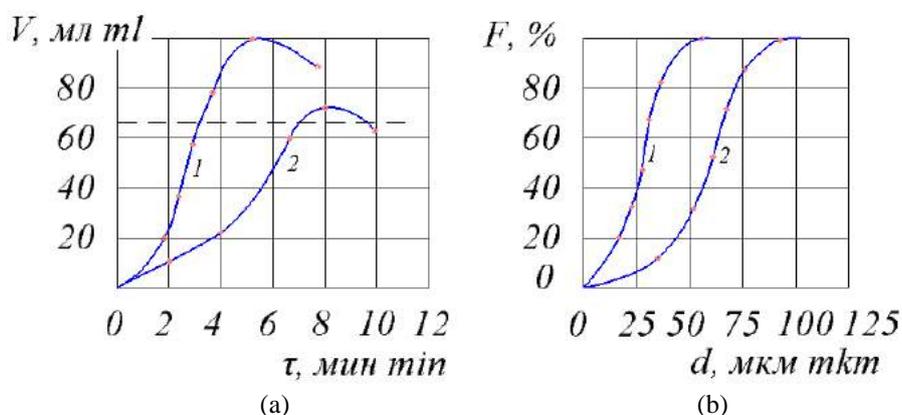


Рисунок 1. Кривые зависимости пенообразующей способности (а) и интегральные кривые дисперсности воздушных пузырьков по размерам (б) при температуре сбивания 20 °С растворов яичного белка образцов: 1 – предлагаемый; 2 – контрольный

Figure 1. Curves of dependence of foaming capacity (a) and integral dispersion curves of air bubbles in size (b) at a temperature of 20 °С knocking down solutions of egg white samples: 1-proposed; 2-control

Известно, что поверхностное натяжение раствора яичного белка повышенной взбиваемости ниже, чем для контрольного образца – на 15–20%, за счет снижения содержания сахаров, в том числе, глюкозы. Кроме того, возможно происходит частичный гидролиз белка с образованием свободных аминокислот и пептидов, которые в свою очередь способствуют процессу пенообразования.

С понижением поверхностного натяжения раствора яичного белка снижается энергия активации образования новой фазы (газообразной), следовательно, пенообразующая способность яичного белка повышается – при этом объем пены за 5 мин больше на 35% (рисунок 1(а), кривая 1) чем для контрольного образца (рисунок 1(а), кривая 2). При этом повышается

скорость и степень диспергирования воздушных пузырьков (рисунок 1(b), кривая 1), устойчивость пенных пленок за счет увеличения их удельной поверхности раздела фаз и вязкости для предлагаемого образца яичного белка.

Исследовали процесс изменения плотности и дисперсности воздушных пузырьков конфетной массы на основе яичного белка марки «IGRECA» при температуре 80 °С и контрольного образца (t = 60 °С) и интенсивности сбивания 250 об/мин (рисунок 2). Установили, что конфетная масса на основе яичного белка марки «IGRECA» более интенсивно сбивается (рисунок 2, кривая 1) и плотность ее ниже, чем на основе контрольного образца (рисунок 2, кривая 2). Полученные сбивные конфетные массы характеризуются высокой дисперсностью воздушных пузырьков при этом для образцов на основе яичного белка марки «IGRECA» она выше (рисунок 2, кривая 1¹).

Объем сбивной конфетной массы с температурой сиропа при сбивании 80 °С выше, чем у контрольного образца. Повышенный объем свидетельствует об интенсивном насыщении массы воздухом. Это подтверждает значение плотности массы: плотность массы при температуре ведения процесса 80 °С ниже плотности контрольного образца (рисунок 2, кривые 1).

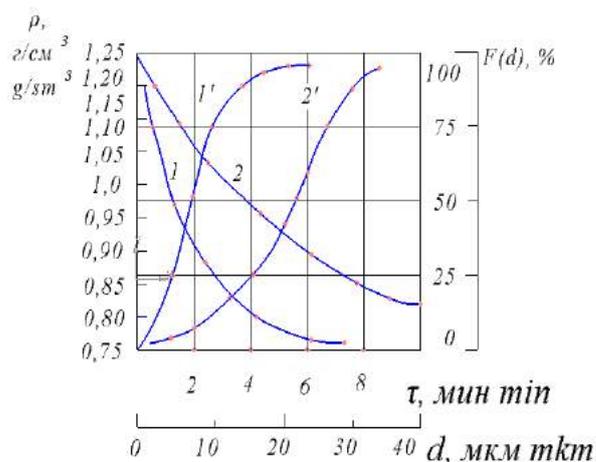


Рисунок 2. Кривые зависимости плотности сбивной массы (1,2) от продолжительности сбивания и интегральные кривые дисперсности воздушных пузырьков по размерам (1', 2') на основе яичного белка: 1,1' – повышенной сбиваемости при t = 80 °С; 2, 2' – традиционного при t = 60 °С

Figure 2. Curves of the density of the aerated mass (1,2) the duration of churning and the integral curves of dispersion of air bubbles of sizes (1', 2') on the basis of egg protein: 1,1' – high whipped at t = 80 °С; 2, 2' – traditional at t = 60 °С

Изменение объема корпусов образцов сбивных конфет, на основе яичного белка «IGRECA» в процессе хранения в течение 6 месяцев

Таблица 1.

Change of volume of cases of samples of whipped candies, on the basis of egg protein "IGRECA" during storage within 6 months

Table 1.

Срок хранения, мес. Shelf life, months	Объемы корпуса конфет, см ³ / номер образца Volumes of candy body, cm ³ / sample number							Среднее значение объема Average value of the volume	Среднее значение массы корпусов конфет, г Average value of the weight of the candy shells, g	Среднее значение плотности корпусов конфет, г/см ³ Average value of the density of candy shells, g / cm ³
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7			
Начало хранения Start of storage	8,64	9,0	9,25	9,25	8,4	9,9	9,9	9,19	6,98	0,759
1	8,64	9,0	9,25	9,25	8,4	9,9	9,9	9,19	6,757	0,735
2	8,64	9,0	9,25	9,25	8,4	9,9	9,9	9,19	6,40	0,696
3	8,64	9,0	9,25	9,25	8,4	9,9	9,9	9,19	6,21	0,676
4	8,64	9,0	9,25	9,25	8,4	9,9	9,9	9,19	6,16	0,670
5	8,50	9,0	9,25	9,25	8,4	9,9	9,9	9,17	6,14	0,669
6	8,50	9,0	9,25	9,25	8,4	9,9	9,9	9,17	6,125	0,668

Рисунок 3. Кривые изменения целостности сбивной конфетной массы на основе яичного белка (1 – предлагаемый при $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2 – контрольный при $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) в процессе сбивания; плотности корпусов сбивных конфет (1' – предлагаемый 2' – контрольный); 3 – активности воды; 4 – массовой доли влаги предлагаемых корпусов сбивных конфет в процессе хранения

Figure 3. Change curves the integrity of whipped candy mass on the basis of egg protein (1 – offer at $t = 80\text{ }^{\circ}\text{C}$; 2 – control at $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) in the process of churning; the density of the buildings whipped candy (1' proposed 2' – control); 3 – water activity; 4 – mass fraction of the proposed buildings aerated candies in storage process

Проанализирована стабильность корпусов сбивных конфет и их органолептических показателей в период хранения (рисунок 3, таблица 1). Образцы имели нежную, пышную консистенцию, мелкопористую, однородную и достаточную формоудерживающую способность на протяжении всего срока хранения (рисунок 3, кривая 1¹, 3, 4).

Физико-химические показатели образцов корпусов сбивных конфет с применением яичного белка повышенной взбиваемости в процессе хранения изменились незначительно (рисунок 4).

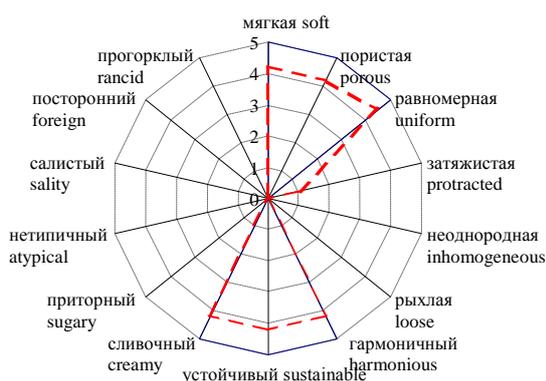


Рисунок 4. Изменения органолептических свойств корпусов сбивных конфет, полученных на основе яичного белка «IGRECA» в процессе хранения в течение 6 месяцев: сплошная линия – начало; пунктирная линия через 6 месяцев

Figure 4. Change the organoleptic properties of the buildings of aerated chocolates, derived from egg whites "IGRECA" during storage for 6 months: the solid line is a start; the dashed line after 6 months

По результатам исследования подтверждена возможность использования сиропа с температурой $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ без потери качества изделий при производстве сбивных конфет с использованием сухого яичного белка повышенной взбиваемости. Проведенные производственные испытания доказали, что процесс сбивания проходит значительно интенсивнее при повышении температуры сиропа до $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. Плотность корпусов сбивных конфет, получаемых при таких параметрах технологического процесса существенно ниже (пена больше насыщается воздухом), но при этом стабильна в хранении, что подтверждено исследованиями физико-химических свойств производственных образцов в период срока годности.

Выводы

Подтверждена термоустойчивость белков повышенной взбиваемости и эффективность их использования в промышленном производстве за счет большей пенообразующей способности. Использование белка повышенной взбиваемости позволяет сократить продолжительность производственного процесса приготовления масс и расход энергии за счет снижения производительности охлаждения сахаро-паточно-агарового сиропа. В результате проведенных исследований предложена корректировка технологического процесса производства сбивных конфет для обеспечения улучшенных качественных характеристик и гарантированного срока годности.

Подтверждена технологическая целесообразность и экономическая эффективность применения яичного белка «IGRECA» в производстве сбивных конфет. При этом стабилизируется плотность и повышается качество сбивных

конфет в процессе хранения в течение 6 месяцев, сокращается процесс сбивания сбивной конфетной массы и охлаждения сахаро-паточно-агарового сиропа до 80 °С.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Иоргачева Е.Г., Гордиенко Л.В., Макарова О.В., Капетула С.М. Пенообразователи в технологии кондитерских изделий // Пищевая наука и технология. 2014. № 1 (26). С. 12–17.
- 2 Ткешелашвили М.Е., Кошелева Н.П., Бобононова Г.А. Дополнительные требования к сырью как гарантия защиты интересов производителя // Товаровед продовольственных товаров. 2016. № 4. С. 30–34.
- 3 Ткешелашвили М.Е., Кошелева Н.П., Бобононова Г.А. Дополнительные требования к сырью // Кондитерское производство. 2016. № 5. С. 32–36.
- 4 Агафоновичев В.П., Петрова Т.И., Кругалев С.С., Дмитриенко И.С. Белок и желток яичные сухие с улучшенными функциональными свойствами // Материалы международной научно-практической конференции, посвященной 85-летию ВНИИПП «Качество и безопасность производства продукции из мяса птицы и яиц». Всероссийский научно-исследовательский институт птицеперерабатывающей промышленности. Ржавки, 2014. С. 14–19.
- 5 Smolikhina P. et al. Determination of the optimal ratio of recipe ingredients in the process of designing confectionery products // 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being”. 2014. P. 94.
- 6 Weyland M., Hartel R. W. Emulsifiers in confectionery // Food emulsifiers and their applications. 2008. С. 285-305.
- 7 Smolikhina P. et al. Technological aspects of the results on rheological studies of candy mass // 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being”. 2014. P. 105.
- 8 ГОСТ 5900–2014 Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ. М.: Стандартинформ, 2015. 10 с.
- 9 Hartel R. W., Hartel A. K. Sponge Candy or Fairy Foam // Candy Bites. 2014. P. 57-59.
- 10 Hartel R. W., Hartel A. K. Marshmallow Peeps // Food Bites. 2008. P. 173-174.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Манана Е. Ткешелашвили к.т.н., доцент, кафедра товароведения и товарной экспертизы, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, mananat@yandex.ru
Галина А. Бобононова к.т.н., доцент, кафедра товароведения и товарной экспертизы, Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, mananat@yandex.ru

REFERENCES

- 1 Iorgacheva Ye.G., Gordiyenko L.V., Makarova O.V., Kapetula S.M. Frothers in confectionery technology. *Pishchevaya nauka i tekhnologiya*. [Food Science and Technology] 2014. no. 1 (26). pp. 12–17. (in Russian)
- 2 Tkeshelashvili M.Ye., Kosheleva N.P., Bobozhonova G.A. Additional requirements for raw materials as a guarantee of protection of the interests of the producer. *Tovarovedprodovol'stvennykh tovarov* [Commodity food products] 2016. no. 4. pp. 30–34. (in Russian)
- 3 Tkeshelashvili M.Ye., Kosheleva N.P., Bobozhonova G.A. Additional requirements for raw materials. *Konditerskoyeproduktivostvo* [Confectionery production]. 2016. no. 5. pp. 32–36. (in Russian)
- 4 Agafonychev V.P., Petrova T.I., Krugalev S.S., Dmitriyenko I.S. Protein and yolk egg dry with improved functional properties. *Materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 85 letiy u VNIIPP «Kachestvo i bezopasnost' proizvodstva produktsii iz myasa ptitsy i yaits»*. Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut pitsepererabatyvayushchey promyshlennosti. [Proceedings of the international scientific and practical conference dedicated to the 85th anniversary of VNIIPP "Quality and safety of production of poultry and eggs". All-Russian Research Institute of Poultry Processing Industry.] Rzhavki, 2014. pp. 14–19. (in Russian)
- 5 Smolikhina P. et al. Determination of the optimal ratio of recipe ingredients in the process of designing confectionery products. 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being”. 2014. pp. 94.
- 6 Weyland M., Hartel R. W. Emulsifiers in confectionery. *Food emulsifiers and their applications*. 2008. pp. 285-305.
- 7 Smolikhina P. et al. Technological aspects of the results on rheological studies of candy mass. 9th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food for Consumer Well-Being”. 2014. pp. 105.
- 8 GOST 5900–2014 *Izdeliya konditerskiye. Metody opredeleniya vlagi i sukhikh veshchestv* [Confectionery. Methods for determination of moisture and solids] Moscow, Standartinform, 2015. 10 p. (in Russian)
- 9 Hartel R. W., Hartel A. K. Sponge Candy or Fairy Foam. *Candy Bites*. 2014. pp. 57-59.
- 10 Hartel R. W., Hartel A. K. Marshmallow Peeps. *Food Bites*. 2008. pp. 173-174.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Manana E. Tkeshelashvili Cand. Sci (Engin.), associate professor, department, Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, mananat@yandex.ru
Galina A. Bobozhonova Cand. Sci (Engin.), associate professor, department, Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, mananat@yandex.ru

Газибег О. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

Магомед Г. Магомедов д.т.н., доцент, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, mmg@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Манана Е. Ткешелашвили предложила методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

Галина А. Бобожонова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Газибег О. Магомедов консультация в ходе исследования
Магомед Г. Магомедов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.04.2018

Gazibeg O. Magomedov Dr. Sci (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

Magomed G. Magomedov Dr. Sci (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, mmg@inbox.ru

CONTRIBUTION

Manana E. Tkeshelashvili proposed a scheme of the experiment and organized production trials

Galina A. Bobozhonova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Gazibeg O. Magomedov consultation during the study
Magomed G. Magomedov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.22.2018

ACCEPTED 4.19.2018

Расширение ассортимента желевого формового мармелада на основе овощного пюре

Светлана Н. Тефикова	¹	teffikova@mail.ru
Игорь А. Никитин	¹	nikitina@mgutm.ru
Николай Б. Кондратьев	²	conditerpromnk@mail.ru
Наталья Г. Семенкина	¹	n.semenkina@mgutm.ru

¹ Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г.Разумовского (ПКУ), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия

² Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, ул. Электрозаводская, 20с3, г. Москва, 107023, Россия

Реферат. Проблема полноценной и полезной пищи является одной из самых обсуждаемых во всем мире в условиях повсеместно ухудшающейся экологической обстановки, влекущей за собой снижение уровня здоровья населения. Существенно возрастает потребность человека в витаминах, макро- и микронутриентах, как в важнейшем защитном факторе. Мармелад имеет ряд преимуществ перед другими кондитерскими изделиями: низкую энергетическую ценность, способность связывать и выводить из организма токсины и соли тяжелых металлов, сравнительно невысокую цену. В статье приведены результаты научно-исследовательской работы по разработке рецептур мармеладных изделий на основе овощного пюре из тыквы, моркови и свеклы. Проведена оценка органолептических, физико-химических и реологических свойств исходного сырья. Установлено, что при изготовлении пюре из тыквы, моркови и свеклы необходимо обеспечить введение большего количества студнеобразователя при приготовлении желевого формового мармелада для получения изделий с хорошей студнеобразной консистенцией. Определены органолептические и физико-химические показатели качества и макроэлементный состав готовых изделий. Установлено, что использование овощного пюре на основе, моркови, тыквы или свеклы значительно повышает содержание макроэлементов в желевом мармеладе (до 9,5 раз). Таким образом, частично решена актуальная задача по изысканию и внедрению в производство кондитерских изделий, содержащих в своем составе нетрадиционные виды сырья растительного происхождения, обладающего высокой пищевой и биологической ценностью и способностью улучшать потребительские свойства готового продукта.

Ключевые слова: желевый мармелад, овощное пюре, макроэлементный состав, капиллярный электрофорез

Expansion of the assortment of jelly shaped marmalade based on vegetable puree

Svetlana N. Tefikova	¹	teffikova@mail.ru
Igor A. Nikitin	¹	nikitina@mgutm.ru
Nikolai B. Kondratiev	²	conditerpromnk@mail.ru
Natalia G. Semenkina	¹	n.semenkina@mgutm.ru

¹ Moscow state University of technologies and management. K. G. Razumovsky (PKU), Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia

² All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Elektrozavodskaya, 20/3, Moscow, 107023, Russia

Summary. The problem of adequate and wholesome food is one of the most discussed in the world in the conditions of the deteriorating environmental situation, which entails a decrease in the level of health of the population. Significantly increases the need for vitamins, macro - and micronutrients, as in the most important protective factor. Marmalade has a number of advantages over other confectionery products: low energy value, the ability to bind and excrete toxins and salts of heavy metals, a relatively low price. The article presents the results of research work on the development of formulations of marmalade products based on vegetable puree of pumpkin, carrot and beet. The assessment of organoleptic, physico-chemical and rheological properties of raw materials. It was found that when making mashed potatoes from pumpkins, carrots and beets, it is necessary to ensure the introduction of a larger amount of gelatinizer in the preparation of jelly shaped marmalade to obtain products with a good gelatinous consistency. Defined organoleptic and physical-chemical indicators of quality and microelement composition of the finished products. It was found that the use of vegetable based puree, carrots, pumpkins or beets significantly increases the content of macronutrients in jelly marmalade (up to 9.5 times). Thus, the actual task of finding and introducing into production confectionery products containing in their composition non-traditional types of raw materials of vegetable origin, possessing high food and biological value and the ability to improve the consumer properties of the finished product.

Keywords: jelly marmalade, vegetable puree, macronutrient composition, capillary electrophoresis

Для цитирования

Тефикова С.Н., Никитин И.А., Кондратьев Н.Б., Семенкина Н.Г. Расширение ассортимента желевого формового мармелада на основе овощного пюре // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 165–174. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-165-174

For citation

Tefikova S.N., Nikitin I.A., Kondratiev N.B., Semenkina N.G. Expansion of the assortment of jelly shaped marmalade based on vegetable puree. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 165–174. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-165-174

Введение

Кондитерские изделия сегодня являются частью ежедневного рациона россиян, поэтому важно направить усилия на разработку рецептур изделий повышенной пищевой и пониженной энергетической ценности, увеличенного срока годности с улучшенными показателями качества. Одной из актуальных задач кондитерской промышленности является совершенствование технологического процесса по выпуску кондитерских изделий, обогащенных витаминами [6, 18].

Мармелад, обладая самой низкой калорийностью в группе сахаристых кондитерских изделий, пользуется достаточно высоким спросом у населения. Однако, доминирующие на потребительском рынке разновидности желевого мармелада характеризуются низким содержанием витаминов, макро- и микроэлементов [8, 15]. Поэтому для оптимизации пищевой ценности мармелада, основным направлением разработок нового ассортимента является введение в рецептуры полуфабрикатов плодово-ягодного, овощного сырья, настоев лекарственных растений и дополнительное внесение обогащающих добавок [9, 17].

Перспективны в данном отношении различные овощные культуры, поскольку они, за счет широкого распространения на территории России, характеризуются доступностью и относительно низкой стоимостью. Овощи являются источником биологически активных веществ, в особенности витаминов, микро- и макроэлементов, которые содержатся в них в легкоусвояемой форме и оптимальных для организма человека соотношениях [10, 14]. Наиболее перспективными для расширения ассортимента мармеладных изделий овощными культурами являются тыква, морковь и свекла.

Высокая пищевая ценность тыквы, эффективность ее использования для предотвращения ожирения, онкологических и сердечно-сосудистых заболеваний обуславливают постоянный интерес исследователей к биохимическому составу различных видов данной овощной культуры и селекции с целью получения продукта с повышенным содержанием биологически активных соединений. Плоды тыквы богаты сахарами, витаминами В₁, В₂ и С, а также каротиноидами, проявляющими антиоксидантную активность и способность снижать артериальное давление. Пектины тыквы помогают нормализовать уровень сахаров крови и бороться с повышенным уровнем холестерина. Уникальные пищевые характеристики тыквы позволяют

относить продукты ее переработки к функциональным пищевым продуктам [1, 16].

Магомедовым Г.О. проведены исследования опытных образцов мармелада желевого с внесением концентрированной тыквенной пасты и стевииозидов. Автором было выявлено, что при внесении концентрированной пасты из тыквы происходило увеличение пластической прочности опытных образцов мармелада, что являлось немаловажным показателем в оценке качества мармелада [5].

Морковь является одной из самых распространенных овощных культур в России. Вещества, содержащиеся в ней, благотворно влияют на общий обмен веществ организма человека, способствуют повышению сопротивляемости к инфекционным заболеваниям.

Пищевая ценность моркови обусловлена высоким содержанием β-каротина, являющимся провитамином А. При недостатке этого витамина нарушается функционирование тканей организма, наблюдается снижение тонуса, повышение риска простудных заболеваний, происходит задержка роста у детей. В моркови также содержатся важнейшие витамины группы В, РР, С, Е, К, антиоксиданты, минеральные вещества, необходимые для полноценного питания [4].

Исследователями Воронежской государственной технологической академии (2008 г.) разработана технология приготовления желевого мармелада функционального назначения с шоколадной глазурью на основе агаро-фруктозного сиропа, яблочного и тыквенного пюре с добавлением морковного пюре [12]. Полученные авторами результаты показали, что применение разработанной технологии позволит повысить качество продукции, упростить технологический процесс, сократить его продолжительность, расширить ассортимент выпускаемой продукции, снизить энергетическую ценность, увеличить срок годности изделий до 5 месяцев. Такой продукт функционального и профилактического назначения рекомендован детям и людям, страдающим сахарным диабетом.

Также известна технология приготовления мармелада на основе тыквы, моркови, сахара и пектина белокочанной капусты [13]. Полученный пищевой продукт из овощей обладает вкусом и ароматом абрикоса с увеличенным сроком хранения за счет получения стабильной структуры, устойчивой к расслаиванию.

Свекла является традиционным продуктом в профилактическом питании. В ней содержится ряд компонентов, способных благотворно влиять не только на качество изделий, но и на организм

человека: макроэлементы (калий, натрий, магний, кальций, фосфор), микроэлементы (железо, цинк, медь, кобальт), органические кислоты (щавелевая, лимонная, яблочная), пищевые волокна (пектин, гемицеллюлоза, клетчатка, целлюлоза), белки [7].

Лобосовой Л.А. и др. [11] разработана технология мармелада с добавлением овощных порошков. В качестве наполнителя был выбран порошок из столовой свеклы. Приведении свекольного порошка наблюдалось увеличение пластической прочности жележных масс. Это обусловлено тем, что в составе свекольного порошка содержится большое количество пищевых волокон (пектиновые вещества, клетчатка) с высокой водопоглотительной способностью, которые адсорбируют воду из оболочек студнеобразующих веществ, тем самым ускоряя процесс студнеобразования, и способствуют образованию более прочного студня. По органолептическим показателям жележный формовой мармелад обладает приятным вкусом и запахом, оригинальным цветом, студнеобразной консистенцией.

Магомедов М.Г. изучил возможность использования концентрированного свекольного сока в рецептуре жележного мармелада. По результатам исследований жележный мармелад на основе такого сока по органолептическим и физико-химическим характеристикам не отличался от контрольного образца на яблочном пюре [5].

Таким образом, проведенный анализ литературных данных подтверждает целесообразность применения продуктов переработки тыквы, моркови и свеклы в производстве жележного мармелада.

Материалы и методы

Исследования по разработке рецептур мармеладных изделий на основе овощного пюре из тыквы, моркови или свеклы проводились на кафедре «Технологии переработки зерна, хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Московского государственного университета технологий и управления имени К.Г. Разумовского (Первый казачий университет) совместно с отделом современных методов оценки качества Всероссийского научно-исследовательского института кондитерской промышленности – филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М.Горбатова» РАН.

Для приготовления мармелада использовалось следующее сырье: сахар белый по ГОСТ

Р 33222-2015, овощное пюре по ГОСТ 32742-2014, патока крахмальная карамельная по ГОСТ Р 52060-2003, пектин по ГОСТ 29186-91, кислота молочная по ГОСТ 490-2006.

Мармелад изготавливали из предварительно приготовленного пюре из моркови, тыквы и столовой свеклы. В качестве контрольного образца был изготовлен мармелад на фруктово-яблочном пюре по традиционной рецептуре. Опытные образцы изготавливали следующим образом. Готовили сахаро-паточный сироп, его уваривали до массовой доли сухих веществ 85–87 %, охлаждали полученный сироп до температуры 55–65 °С. После чего вносили предварительно замоченный и набухший цитрусовый пектин, овощное пюре с лактатом натрия и молочную кислоту. Полученную массу охлаждали до температуры 40–50 °С и затем проводили гомогенизацию массы, ее отливку и выстаивание. Затем проводили выборку из форм и обсыпку крахмалом. Готовые образцы (опытные и контрольный) направляли на испытание по следующим показателям: определение органолептических (вкус, цвет, запах, консистенция, зернистость, липкость, состояние поверхности), и физико-химических характеристик (кислотность – методом титрования с индикатором фенолфталеином; массовая доля общей влаги – высушиванием на приборе ВЧМ-А при температуре 160–165 °С в течение 3 мин; массовая доля редуцирующих веществ – методом, основанным на восстановлении щелочного раствора меди).

Измерение содержания макроэлементов в готовых изделиях проводили методом капиллярного электрофореза [2]. В основе метода лежат электрокинетические явления – электромиграция ионов и других заряженных частиц и электроосмос. Эти явления возникают в растворах при помещении их в электрическое поле, преимущественно, высокого напряжения. Если раствор находится в тонком капилляре, например, в кварцевом, то электрическое поле, наложенное вдоль капилляра, вызывает в нем движение заряженных частиц и пассивный поток жидкости, в результате чего проба разделяется на индивидуальные компоненты, так как параметры электромиграции специфичны для каждого сорта заряженных частиц. Для детектирования макроэлементов используют косвенный метод при длине волны 254 нм.

Результаты обсуждения

Работу проводили в несколько этапов:

- приготовление овощного пюре,
- исследование показателей качества овощного пюре,

- определение реологических свойств овощного пюре,
- изготовление желеино-овощного мармелада,
- оценка показателей его качества,
- определение содержания макроэлементов веществ в полученных образцах мармелада.

Первоначально приготавливали овощное пюре из моркови, тыквы и столовой свеклы в соответствии с технологическими инструкциями и рецептурами с соблюдением требований стандарта и исследованы органолептические и физико-химические показатели их качества. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Органолептические и физико-химические показатели качества исследуемых овощных пюре

Table 1.

Organoleptic and physicochemical indicators of the quality of the vegetable purees

Наименование показателя Name of the product quality index	Характеристика показателей овощного пюре Quality Score of vegetable puree			Требования ГОСТ 32742–2014 Specifications of State standard 32742–2014
	тыквенное puree of pumpkin	морковное puree of carrot	свекольное puree of beet	
Органолептические показатели качества Organoleptic quality index				
Цвет Color	оранжевый orange	темно-оранжевый deep orange	темно-бордовый maroon	однородный по всей массе, свойственный цвету использованных зрелых фруктов или овощей, прошедших тепловую обработку homogeneous throughout the mass, characteristic of the color of used mature fruit or vegetables that have been heat treated
Вкус, запах Taste, smell	характерные для данной продукции; без постороннего привкуса и запаха characteristic for this product; without foreign taste and smell			хорошо выраженные, свойственные овощам, прошедшим тепловую обработку, из которых изготовлено пюре well-expressed, characteristic of vegetables that have been heat treated, of which puree is made
Консистенция Consistency	пюреобразная puree			пюреобразная, текучая масса puree
Физико-химические показатели качества Physico-chemical quality index				
Массовая доля растворимых сухих веществ, % Mass fraction of soluble solids	8	13	10	свекольное, не менее 9 % beet, not less than 9 % морковное, не менее 8 % carrot, not less than 8 % тыквенное, не менее 5 % pumpkin not less than 5 %
Массовая доля титруемых кислот, % Mass fraction of titrated acids	0,12	0,8	0,5	Не менее 0,5 not less than 0,5
Массовая доля сахаров в виде инвертного сахара, % Mass fraction of sugars in the form of invert sugar	10,3	9,8	11,5	не нормируется not standardized
Активная кислотность pH Active acidity	5,43	6,59	6,34	не нормируется not standardized
Посторонние примеси Extraneous impurities	отсутствуют no	отсутствуют no	отсутствуют no	не допускаются not standardized

Далее проводили определение реологических свойств полученных пюре с целью выяснения его студнеобразующей способности на примере тыквенного. Вязкость пюре определяли на ротационном вискозиметре BrookfieldDV, принцип работы которого основан на измерении вязкости посредством пересчета крутящего момента, необходимого для вращения шпинделя с постоянной скоростью при погружении его в исследуемую среду. Определяли динамическую вязкость пюре из яблок (контроль) и пюре из тыквы. Полученные данные, приведенные в таблице 2, позволили построить графики зависимости

вязкости пюре от скорости сдвига, представленные на рисунке 1.

Из представленных данных видно, что при невысоких скоростях сдвига вязкость тыквенного пюре практически вдвое меньше вязкости яблочного пюре, являющегося основой большинства рецептур фруктово-желейного мармелада. Таким образом, тыквенное пюре будет обладать меньшей студнеобразующей способностью по сравнению с яблочным, что необходимо учитывать при производстве мармеладных изделий, а именно, обеспечить введение большего количества студнеобразователя при приготовлении желейного формового мармелада.

Таблица 2.

Зависимость вязкости пюре от скорости сдвига

Table 2.

Dependence of viscosity of puree on shear rate

Яблочное пюре (контроль) apple puree (control)		Тыквенное пюре pumpkin puree	
Скорость сдвига, γ, c^{-1} Shear rate, γ, s^{-1}	Вязкость $\eta, \text{Па} \cdot \text{с}$ Viscosity $\eta, \text{Pa} \cdot \text{s}$	Скорость сдвига, γ, c^{-1} Shear rate, γ, s^{-1}	Вязкость $\eta, \text{Па} \cdot \text{с}$ Viscosity $\eta, \text{Pa} \cdot \text{s}$
6,6	1,5	6,6	1,2
2,6	2,3	2,6	1,8
1,3	5,4	1,3	3,1
0,7	18,9	0,7	5,2
0,3	29,0	0,3	14,9
0,06	54,0	0,06	29,9

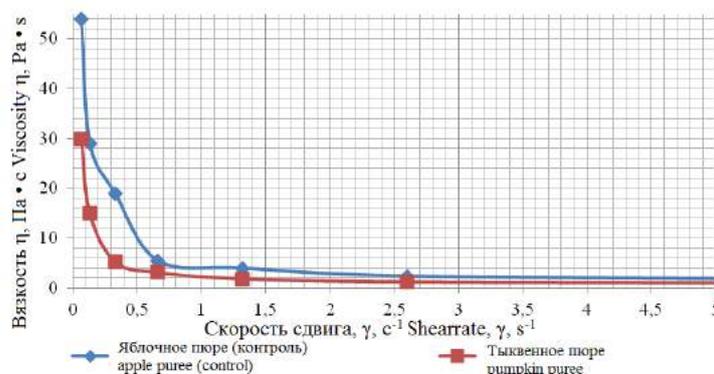


Рисунок 1. Зависимость вязкости пюре от скорости сдвига

Figure 1. The dependence of the viscosity of the puree to shift

На основе полученного пюре изготавливали желейный формовой мармелад. При составлении рецептур за основу была взята унифицированная рецептура из сборника по производству пастило-мармеладных изделий [3], оптимизированная с учетом замены яблочного пюре на различные виды овощного пюре (тыквенное, морковное, свекольное). Разработанные рецептуры приведены в таблицах 3–5.

Полученный мармелад оценивали по органолептическим и физико-химическим показателям качества и сравнивали с требованиями ГОСТ 6442–2014 «Мармелад. Технические

условия». Результаты исследования представлены в таблице 6.

Из данных, представленных в таблице 6, видно, что исследуемые образцы желейного формового мармелада на основе овощного пюре по органолептическим и физико-химическим показателям качества соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 6442-2014 к желейному мармеладу. К тому же, исследуемый мармелад на основе тыквенного, морковного и свекольного пюре отличается отсутствием в составе синтетических красителей и ароматизаторов, что повышает его потребительские достоинства.

Таблица 3.

Рецептура желеиног мармелада на основе тыквенног пюре

Table 3.

Jelly Marmalade Recipe Based on Pumpkin Puree

Наименование сырья Name of raw materials	Массовая доля сухих веществ Mass fraction of solids, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг Amount of raw materials per 1 ton of finished product, kg			
		Контроль Control		желейный формовой мармелад JellyMarmalade	
		в натуре in nature	в сухих веществах insolids	в натуре in nature	в сухих веществах insolids
Пюре яблочное Apple puree	10,0	345,0	34,5	–	–
Пюре тыквенное Pumpkin puree	10,0	–	–	300,0	30
Сахар белый White sugar	99,85	532,2	531,4	533,7	532,9
Пектин цитрусовый Citrus pectin	92,0	4,1	3,8	15,8	14,5
Патока Starch syrup	78,0	–	–	148,6	115,9
Кислота молочная Lactic acid	40,0	8,5	3,4	2,4	0,96
Лактат натрия Sodium lactate	40,0	3,0	1,2	3,0	1,2
Итого Total raw materials	-	892,8	574,3	1003,75	866,9
Выход Total Marmalade	85,0	1000,0	850,0	1000,0	850,0

Таблица 4.

Рецептура желеиног мармелада на основе морковног пюре

Table 4.

Jelly Marmalade Recipe based on carrot puree

Наименование сырья Name of raw materials	Массовая доля сухих веществ Mass fraction of solids, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг Amount of raw materials per 1 ton of finished product, kg			
		Контроль Control		желейный формовой мармелад JellyMarmalade	
		в натуре in nature	в сухих веществах insolids	в натуре in nature	в сухих веществах insolids
Пюре яблочное Apple puree	10,0	345,0	34,5	–	–
Пюре морковное Carrot puree	10,0	–	–	330,0	33
Сахар белый White sugar	99,85	532,2	531,4	533,7	532,9
Пектин цитрусовый Citrus pectin	92,0	4,1	3,8	15,8	14,5
Патока Starch syrup	78,0	–	–	148,6	115,9
Кислота молочная Lactic acid	40,0	8,5	3,4	2,4	0,96
Лактат натрия Sodium lactate	40,0	3,0	1,2	3,0	1,2
Итого Total raw materials	–	892,8	574,3	1003,75	866,9
Выход Total Marmalade	85,0	1000,0	850,0	1000,0	850,0

Рецептура желеиног мармелада на основе свекольного пюре

Table 5.

Jelly Marmalade Recipe Based on Beet Puree

Наименование сырья Name of raw materials	Массовая доля сухих веществ Mass fraction of solids, %	Расход сырья на 1 т готовой продукции, кг Amount of raw materials per 1 ton of finished product, kg			
		Контроль Control		желейный формовой мармелад JellyMarmalade	
		в натуре in nature	в сухих веществах insolids	в натуре in nature	в сухих веществах insolids
Пюре яблочное Apple puree	10,0	345,0	34,5	–	–
Пюре свекольное Beet puree	10,0	–	–	300,0	30
Сахар белый White sugar	99,85	532,2	531,4	533,7	532,9
Пектин цитрусовый Citrus pectin	92,0	4,1	3,8	15,8	14,5
Патока Starch syrup	78,0	–	–	148,6	115,9
Кислота молочная Lactic acid	40,0	8,5	3,4	2,4	0,96
Лактат натрия Sodium lactate	40,0	3,0	1,2	3,0	1,2
Итого Total raw materials	–	892,8	574,3	1003,75	866,9
Выход Total Marmalade	85,0	1000,0	850,0	1000,0	850,0

Таблица 6.

Органолептические и физико–химические показатели качества разработанного желеиног формовог мармелада

Table 6.

Organoleptic and physicochemical indicators of the quality of the jelly molded marmalade

Наименование показателя Name of the product quality index	Характеристика показателей мармелада Quality Score of marmalade			Требования ГОСТ 6442–2014 Specifications of State standard 6442–2014
	тыквенный pumpkin	морковный carrot	свекольный beet	
Цвет Color	оранжевый orange	темно–оранжевый deep orange	темно–бордовый maroon	характерные для данного наименования мармелада, без постороннего цвета Characteristic for the given name of marmalade, without foreign color
Вкус, запах Taste, smell	характерные для данного наименования мармелада, без постороннего привкуса и запаха Characteristic for the given name of marmalade, without foreign taste and smell			характерные для данного наименования мармелада, без постороннего привкуса и запаха Characteristic for the given name of marmalade, without foreign taste and smell
Консистенция Consistency	Студнеобразная jelly			студнеобразная допускается затяжистая для желеиног мармелада на агароиде, желатине, модифицированном крахмале gelatinous is allowed tight for jelly marmalade on agaroid, gelatin, modified starch
Форма Shape	соответствующая данному наименованию мармелада corresponding to the given name of marmalade			соответствующая данному наименованию мармелада corresponding to the given name of marmalade
Вид в изломе View of the fracture	полупрозрачный, мутноватый translucent, muddy			прозрачный слой и стекловидный излом transparent layer and vitreous fracture
Массовая доля влаги Moisture content, %	15,0	17,0	15,6	15,0–24,0
Кислотность, град Acidity, grad	7,2	10,7	8,2	Не нормируется not standardized
Массовая доля редуцирующих веществ Mass fraction of-reducing sugars, %	12,8	8,5	7,5	Не нормируется not standardized

Из данных, представленных в таблице 6, видно, что исследуемые образцы желеино-формового мармелада на основе овощного пюре по органолептическим и физико-химическим показателям качества соответствуют требованиям, предъявляемым ГОСТ 6442-2014 к желеино-мармеладу. К тому же, исследуемый мармелад на основе тыквенного, морковного и свекольного пюре отличается отсутствием в составе синтетических красителей и ароматизаторов, что повышает его потребительские достоинства.

Макроэлементы калий, натрий, магний и кальций являются важнейшими составляющими пищевой ценности кондитерских изделий,

изготовленных с использованием фруктового и овощного сырья.

На следующем этапе проводили определение содержания макроэлементов веществ в полученных образцах желеино-мармелада. Измерение содержания макроэлементов в готовых изделиях проводили методом капиллярного зонного электрофореза. Для детектирования макроэлементов использовали косвенный метод при длине волны 254 нм [2].

Полученные значения приведены в таблице 7. Результаты сравнивали с содержанием макроэлементов в контрольном образце фруктово-желеино-мармелада.

Таблица 7.

Содержание макроэлементов в желеино-мармеладе

Table 7.

Contents of macronutrients in jelly marmalade

№	Наименование образца	Массовая доля макроэлементов, мг/100 г продукта Mass fraction of microelements, mg / 100g of product				Суточная физиологическая потребность взрослого человека, мг/сут Daily physiological need of an adult, mg / day				Степень удовлетворения суточной потребности Degree of meeting daily needs, %			
		K	Na	Mg	Ca	K	Na	Mg	Ca	K	Na	Mg	Ca
1	Фруктово-желеино-мармелад (контроль) Apple-jelly marmalade (control)	26,0	89,0	2,0	7,0	2500	1300	400	1000	1,0	6,8	0,5	0,7
2	Тыквенный мармелад Pumpkin marmalade	234,5	31,2	7,1	41,7					9,4	2,4	1,8	4,2
3	Свекольный мармелад Beet marmalade	141,3	85,9	10,8	57,9					5,6	6,6	2,7	5,8
4	Морковный мармелад Carrot marmalade	145,0	112,2	14,0	66,4					5,8	8,6	3,5	6,6

Анализ результатов показал, что мармелад, приготовленный на основе тыквенного, морковного и свекольного пюре характеризуется повышенным содержанием калия, магния и кальция (в 5,4–9, 3,5–7 и 6–9,5 раз соответственно выше по сравнению с контрольным образцом).

Важнейшим показателем при оценке качества мармелада является массовая доля фруктового (овощного) сырья. Соотношение калия и магния может быть использовано для количественной характеристики содержания овощного сырья в мармеладе, что важно при маркировании и исследовании содержания овощного сырья в мармеладе.

Морковь, тыква и свекла характеризуются определенными природными диапазонами содержания макроэлементов. Поэтому, соотношение массовых долей калия и магния в мармеладе

может быть использовано при расчете фактического количества использованного овощного сырья.

Заключение

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что использование пюре из свеклы, моркови и тыквы в технологии желеино-мармелада является перспективным, и позволяет существенно увеличить потребление кондитерских изделий на основе фруктового и овощного сырья.

Готовые изделия на основе овощных пюре характеризуются улучшенным минеральным составом, оригинальными органолептическими показателями, что позволяет говорить о расширении перечня новых сырьевых пектинсодержащих ресурсов отечественного производства и ассортимента кондитерских изделий для здорового питания.

ЛИТЕРАТУРА

1 Капуста, морковь, свекла и их листья. URL: <http://www.pravilnoe-pokhudenie.ru/zdorovye/kultura/kapmor.shtml>

2 Кондратьев Н.Б., Осипов М.В., Парашина Ф.И. и др. Массовая доля макроэлементов как показатель идентификации фруктового сырья // Кондитерское производство. 2013. № 6. С. 13–14.

3 Иванушко Л.С. и др. Рецептуры на мармелад, пастилу и зефир. М.: Пищевая промышленность, 1974. 208 с.

4 Литвинов С.С. Научные основы современного овощеводства. М.: РАСХН, 2008. 771 с.

5 Магомедов М.Г. Разработка способа получения порошкообразного свекловичного полуфабриката и кондитерских изделий на его основе. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Воронеж: ВГУИТ, 2006.

6 Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Быкова А.С., Ожерельева О.Н. и др. Сбивное кондитерское изделие с овощными порошками // В сб.: Современное хлебопекарное производство: Перспективы развития. Екатеринбург: ВГУИТ, 2015. С. 75–77.

7 Магомедов М.Г. Технология получения пасты из сахарной свеклы // Вестник ВГУИТ. 2014. № 3(61). С. 139–142.

8 Спиричев В.Б., Шатнюк Л.Н., Позняковский В.М., Спиричева В.Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами: наука и технология. Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. 548 с.

9 Табаторович А.Н. Разработка и оценка качества тыквенного мармелада обогащенного аскорбиновой кислотой // Техника и технологии пищевых производств. 2012. № 4.

10 Тимофеева В.Н., Зенькова М.Л. Использование перспективного сырья для производства продуктов профилактического назначения // Аграрная наука на рубеже веков. 2007. С. 5.

11 Лобосова Л.А., Журахова С.Н., Свиридова О.Я. Порошок из столовой свеклы в составе мармелада // Наука XXI века: проблемы и перспективы. 2016. № 1. С. 61–63.

12 Пат. РФ № 2376869 Способ производства желеиногo мармелада // Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Пасморнов Г.Г., Богданов В.В. Заявл. 22.10.2008, Оpubл. 27.12.2009, Бюл. № 36.

13 Пат. № 2160996 Способ производства пищевого кондитерского продукта из овощей // Мамаджанов А.Т., Саломов Х.Т. Заявл. 06.06.2000, Оpubл. 27.12.2000, Бюл. № 36.

14 Anvoh K.Y.B., Zoro A. Bi, Gnagri D. Production and Characterization of Juice from Mucilage of Cocoa Beans and its Transformation into Marmalade // Pakistan Journal of Nutrition. 2009. № 8 (2). P. 129–133.

15 Curi P.N., Nogueira P.V., Almeida A.B., Carvalho C.S. et al. Processing potential of jellies from subtropical loquat cultivars // Food Science and Technology, Campinas. 2017. V. 31. № 1. P. 70–75.

16 Egbekun M.K., Nda-Suleiman E.O., Akinyeye O. Utilization of fluted pumpkin fruit (*Telfairia occidentalis*) in marmalade manufacturing // Plant Foods for Human Nutrition. 1998. V. 52. № 2. P. 171–176.

17 Kapoor S., Ranote P.S. Antioxidant components and physico-chemical characteristics of jamun powder supplemented pear juice // Journal of Food Science and Technology. 2016. V. 53. № 5. P. 2307–2316.

18 Prakash N., Priya S. Development of novel functional confectionery using low reduced sugar // Indian Journal of Drugs. 2016. № 4(4). P. 141–148.

REFERENCES

1 Kapysta, morkov', svekla [Cabbage, carrots, beet and their leaves] Available at: <http://www.pravilnoe-pokhudenie.ru/zdorovye/kultura/kapmor.shtml>. (in Russian)

2 Kondratyev N.B. Mass fraction of macroelements as an indicator of identification of fruit raw materials. *Konditerskoe proizvodstvo* [Confectionery production] 2013. no. 6. pp. 13–14. (in Russian)

3 Ivanushko L.S. Retseptury na marmelad, pastilu [Recipes for marmalade, pastille and marshmallows] Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1974. 208 p. (in Russian)

4 Litvinov S.S. Nauchnye osnovy ovoshchevodstva [Scientific foundations of modern vegetable growing] Moscow, RASKhN, 2008. 771 p. (in Russian)

5 Magomedov M.G. Razrabotka sposoba polucheniya poroshkoobraznogo polufabrikata [Development of a method for the production of powdered beet semifinished products and confectionery products based on it] Voronezh, Voronezh State University of Engineering Technology, 2006. (in Russian)

6 Magomedov G.O. Confusion confectionery with vegetable powders. *Sovremennoe khlebopekarnoe proizvodstvo* [Modern Bakery Production: Prospects of Development] Ekaterinburg, VGUIT, 2015. P. 75–77. (in Russian)

7 Magomedov M.G. Technology of obtaining paste from sugar beet. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET] 2014. no. 3(61). pp. 139–142. (in Russian)

8 Spirichev V.B. Obogashchenie pishchevykh produktov vitainami [Enrichment of foodstuff vitamins and mineral substances: science and technology] Novosibirsk, Sib. univ. izd., 2004. 548 p. (in Russian)

9 Tabatorovich A.N. Development and an assessment of quality of the pumpkin fruit jelly enriched with ascorbic acid. *Tekhnika I tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Equipment and technologies of alimentary productions] 2012. no. 4. (in Russian)

10 Timofeeva V.N. Use of perspective raw materials for production of produkt of preventive appointment. *Agrarnaya nauka na rubezhe vekov* [Agraraya science at the turn of the century: materials region] 2007. pp. 5. (in Russian)

11 Lobosova L.A. Functional low-calorie fruit jelly. *Nauka XXI veka* [Science of XXI veka] 2014. no. 2. pp. 287–289. (in Russian)

12 Magomedov G.O., Lobosova L.A., Pasmornov G.G., Bogdanov V.V. Sposob proizvodstva zheleynogo marmelada [Method of manufacturing jelly marmalade according to the application] Patent RF, no. 2376869, 2009. (in Russian).

13 Mamadzhанov AT, Salomov Kh.T. Sposob proizvodstva pishchevogo kontsentrata [Method of production of a food confectionery product from vegetables] Patent RF, no. 2160996, 2000. (in Russian). (in Russian)

14 Anvoh K.Y.B., Zoro A. Bi, Gnakri D. Production and Characterization of Juice from Mucilage of Cocoa Beans and its Transformation into Marmalade. Pakistan Journal of Nutrition. 2009. no. 8 (2). pp. 129–133.

15 Curi P.N., Nogueira P.V., Almeida A.B., Carvalho C.S. et al. Processing potential of jellies from subtropical loquat cultivars. Food Science and Technology, Campinas. 2017. vol. 31. no. 1. pp. 70–75.

16 Egbekun M.K., Nda-Suleiman E.O., Akinyeye O. Utilization of fluted pumpkin fruit (*Telfairia occidentalis*) in

marmalade manufacturing. Plant Foods for Human Nutrition. 1998. vol. 52. no. 2. pp. 171–176.

17 Kapoor S., Ranote P.S. Antioxidant components and physico-chemical characteristics of jamun powder supplemented pear juice. Journal of Food Science and Technology. 2016. vol. 53. no. 5. pp. 2307–2316.

18 Prakash N., Priya S. Development of novel functional confectionery using low reduced sugar. Indian Journal of Drugs. 2016. no. 4(4). pp. 141–148.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Светлана Н. Тэфикова к.т.н., доцент, кафедра технологии переработки зерна, хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый Казачий Университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, teffikova@mail.ru

Игорь А. Никитин к.т.н., доцент, кафедра технологии переработки зерна, хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый Казачий Университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, nikitinia@mgutm.ru

Николай Б. Кондратьев д.т.н., профессор, отдел современных методов оценки качества, Всероссийский научно-исследовательский институт кондитерской промышленности, ул. Электrozаводская, 20с3, г. Москва, 107023, Россия, conditerpromnk@mail.ru

Наталья Г. Семенкина к.т.н., доцент, кафедра технологии переработки зерна, хлебопекарного, макаронного и кондитерского производств, Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (Первый Казачий Университет), ул. Земляной Вал, 73, г. Москва, 109004, Россия, n.semenkina@mgutm.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 28.02.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Svetlana N. Tefikova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technology of grain processing, bakery, pasta and confectionery production department, Moscow state University of Technologies and management. named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, teffikova@mail.ru

Igor A. Nikitin Dr. Sci. (Engin.), professor, Technology of grain processing, bakery, pasta and confectionery production department, Moscow state University of Technologies and management. named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, nikitinia@mgutm.ru

Nikolai B. Kondratiev Dr. Sci. (Engin.), professor, Department of modern methods of quality assessment, All-Russian Scientific Research Institute of Confectionery Industry, Elektrozavodskaya, 20/3, Moscow, 107023, Russia, conditerpromnk@mail.ru

Natalia G. Semenkina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technology of grain processing, bakery, pasta and confectionery production department, Moscow state University of Technologies and management. named after K. G. Razumovsky (First Cossack University), Zemlyanoy Val, 73, Moscow, 109004, Russia, n.semenkina@mgutm.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.28.2018

ACCEPTED 4.19.2018

Влияние параметров процесса культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в простой периодической культуре на выход биомассы и биосинтез некоторых клеточных компонентов

Татьяна В. Меледина	¹	tatiana.meledina@yandex.ru
Вера А. Иванова	¹	vera_ershova@mail.ru
Харба Разан	¹	razan.harbah@mail.ru
Оксана В. Головинская	¹	oksana2187@mail.ru
Инна В. Новикова	²	
Алексей В. Коростелев	²	

¹ Университет ИТМО, Кронверкский пр-т, 49, Санкт-Петербург, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Рост и размножение промышленно значимых дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в первую очередь определяется сбалансированностью состава используемой питательной среды. Для предотвращения снижения скорости биотехнологического процесса и достижения оптимального выхода целевого продукта биосинтеза (биомассы) необходимо вносить в питательную среду недостающие питательные вещества (витамины и микроэлементы). В настоящее время имеется много сведений о влиянии различных факторов среды на рост и размножение микроорганизмов. Однако потенциальные возможности микробных культур использованы далеко не полностью, так как при составлении питательных сред до недавнего времени исследователи использовали главным образом методы установления однофакторной зависимости, то есть принцип поочередного изменения в эксперименте каждого фактора среды на фоне постоянного уровня остальных. В данной работе исследуется степень влияния на выход биомассы различных параметров процесса в их взаимодействии, проводится установление многофакторной зависимости, используя методы математического планирования эксперимента. Эти методы дают возможность изучать не только влияние одновременно большого числа факторов, но и позволяют построить математическую модель процесса, а следовательно, выявить количественное значение каждого отдельного фактора и учесть межфакторные взаимодействия в системе. Культивирование дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* проводили в условиях простой периодической культуры. В качестве факторов варьирования использовали: величину инокулята, содержание в среде азота, фосфора и биотина. Используя экспериментальные данные и многофакторный анализ, было обнаружено, что в данных условиях на синтез биомассы более всего влияет содержание биотина в среде. Установлено, что в среде оптимального состава экономический коэффициент не зависит от величины засева. А также показано, что размер фонда свободных аминокислот находится в обратной зависимости от расхода посевного материала: с увеличением начальной плотности популяции количество аминокислот в клетках падает.

Ключевые слова: дрожжи, азот, фосфор, биотин

Influence of the parameters processes of cultivation of yeast *Saccharomyces cerevisiae* in simple periodic culture on the yield and biosynthesis of some cellular components

Tatyana V. Meledina	¹	tatiana.meledina@yandex.ru
Vera A. Ivanova	¹	vera_ershova@mail.ru
Harbah Razan	¹	razan.harbah@mail.ru
Oksana V. Golovinskaya	¹	oksana2187@mail.ru
Inna V. Novikova	²	
Alexey V. Korostelev	²	

¹ ITMO University, Kronverksky av., 49, St. Petersburg, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The growth and multiplication of the industrially significant yeast *Saccharomyces cerevisiae* is primarily determined by the balance of the composition of the nutrient medium used. In order to prevent a decrease in the speed of the biotechnology process and to achieve the optimal yield of the desired biosynthesis product (biomass), it is necessary to introduce such nutrient deficiencies as vitamins and trace elements into the nutrient medium. At present, there is much information about the influence of different environmental factors on the growth and multiplication of microorganisms. However, the potential possibilities of microbial cultures have not been fully used. Researchers during the preparation of nutrient media until recent time mainly use the methods of establishing one-factor dependence that are based on the principle of alternating change of each nutrient media factor with the others being constant. In this work, the impact on the biomass yield of various process parameters in their interactions is investigated. A multifactor dependence is established using the methods of mathematical design of an experiment. These methods allow both to study the effects of a large number of factors and to construct a mathematical model of the process revealing the quantitative value of each individual factor and to take into account the interfactor interactions in the system. The cultivation of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* was conducted in a simple periodic culture. The factors used were: the amount of inoculum, the content of nitrogen, phosphorus and biotin in the medium. Using experimental data and multifactor analysis, it was found that under these conditions, the content of biotin in the medium mostly affects the biomass synthesis. It was established that, in an optimally composed media, the economic coefficient was independent of the size of the seeding. Moreover, it was shown that the size of the fund of free amino acids is inversely related to the consumption of the seeding: with an increase in the initial density of the population, the number of amino acids in cells decreases.

Keywords: yeasts, nitrogen, phosphorus, biotin

Для цитирования

Меледина Т.В., Иванова В.А., Харба Разан, Головинская О.В., Новикова И.В., Коростелев А.В. Влияние параметров процесса культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в простой периодической культуре на выход биомассы и биосинтез некоторых клеточных компонентов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 175–181. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-175-181

For citation

Meledina T.V., Ivanova V.A., Harbah Razan, Golovinskaya O.V., Novikova I.V., Korostelev A.V. Influence of the parameters processes of cultivation of yeast *Saccharomyces cerevisiae* in simple periodic culture on the yield and biosynthesis of some cellular components. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 175–181. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-175-181

Introduction

In order to achieve the maximum efficiency of the biomass upstream process, i.e. to achieve the maximum intensity of multiplication with a biomass high yield, it is necessary to provide oxidative yeast metabolism and optimal physico-chemical growth environment. The influence of physical and chemical factors is quite thoroughly studied, while the matter of the proper yeast nutrition is still being solved.

In this regard it is necessary to study the interrelation of energy exchange with physiology and constructive yeast exchange because the intensity of growth and biomass yield will be influenced by reproductive activity of the seed material and by the balance of all components of the nutrient medium, especially the growth factors of nitrogen, macroelements (P, K, Mg) and microelements (Cu, Fe, Mn, Zn).

Nitrogen-containing substances are the main structural components of cells. These are amines, amides, amino acids, proteins and nucleic acids. These compounds account for 37 to 60% of the cell dry solids [1, 2].

Most of them are represented by proteins (40.6–58%) and nucleic acids (15–26%); free amino acids and peptides account for 6.5 to 9.3% [3], i.e. most of them are represented by substances that are associated with both energy metabolism and constructive exchange in the cell.

The nitrogen metabolism is closely related to the phosphorus metabolism, which content expressed in terms of P_2O_5 in yeast varies from 1.9 to 5.5% of dry ingredients in baker's yeast [4] and from 1.4 to 2.0% in brewers' yeast [1, 2].

Phosphorus is a part of nucleic acids, phospholipids, polymers of a cell wall. It can be accumulated in the form of polymethosphates or volutin. The greatest part of phosphorus is found in ATP.

Other important components of the nutrient medium are growth factors, in particular, it is biotin, the need for which is characteristic of all *Saccharomyces* yeasts. The lack of biotin in the culture medium entails an imbalance of all types of metabolism: protein, fat, carbohydrate, and nucleic acid synthesis metabolism [5, 6]. Typically, to compensate for the lack of biotin it is added into complex nutrient media for example, to molasses or malt wort on the basis of 0.1 to 0.25 mg per 100 g of growth expressed in terms of absolutely dry biomass of yeast [2, 4].

The amount of associated biotin in enzymes is always constant [7, 8]. Having said so it should be borne in mind that yeast has the ability to accumulate intracellular biotin reserves [9]. The excess of biotin is also undesirable, because in this case

there is slowing-down of its transport to the cell, so when calculating the biotin sources flowrate for the cultivation process, the content of biotin in the medium and in the yeast itself should also be taken into account [9].

The relationship of the amount of pitching and the biotin content in the medium, as well as the interrelation of the biotin metabolism with energy and constructive exchange has been poorly studied so far. Meanwhile, this really matters both in science terms and on practical grounds.

The amount of nitrogen and phosphorus salts in the medium determines their physiological state [3].

It is found that the resistance of cells to stress depends on the content of reserve carbohydrates, in particular trehalose and glycogen [10]. The protective effect of trehalose is based on the ability of yeast to maintain the osmotic pressure in the cells, while glycogen is the source of endogenous glucose for initiating the onset of glycolysis. It is shown that the synthesis of trehalose and glycogen in a simple discontinuous culture begins in the phase of cell growth retardation. First, glycogen is synthesized, and then trehalose does [11]. The source of carbon for the endogenous synthesis of trehalose can be the free amino acids of yeast, which content is inversely related to the amount of trehalose in yeast [12, 13].

Directed synthesis of certain cellular components can be achieved by changing the culture conditions. It is known that a shift-down of population growth is accompanied by the synthesis of reserve carbohydrates, by the same token, the growth rate can be regulated by the process limiting with various nutritional components. Synthesis of reserve carbohydrates can be accelerated even when the culture is limited by carbon.

The reproductive activity of yeast during the lag phase of growth probably depends on the inoculum dose, the quality of which is determined by the culture conditions and by the content of reserve carbohydrates in them.

The purpose of these studies is to determine the effect of inoculum dosing on the yield of biomass and the relationship of this index with the composition of the nutrient medium (nitrogen, phosphorus and biotin content) and the chemical composition of the yeast derived.

Materials and methods

Microorganism and cultivation conditions. The *Saccharomyces cerevisiae* yeast strain RCAM 02150 (Russian National Collection of Industrial Microorganisms – VKPM) was cultivated in a simple discontinuous culture with aeration using

a laboratory fermenter (Biostat A, Sartorius) with a working volume of 2L. The temperature of cultivation was 30 °C. The pH value was 4.4 ± 0.2 .

For cultivation, a synthetic sterile medium with the following composition per liter was used: 10 g of glucose, 2 g of citric acid, 600 mg of KCl, 500 mg of $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, 100 mg of $CaCl_2 \cdot 6H_2O$, 500 μg of H_3BO_3 , 400 μg of $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$, 200 μg of $FeCl_3 \cdot 6H_2O$, 200 μg of $Na_2MnO_4 \cdot 2H_2O$, 100 μg of KI, 100 μg of $CuSO_4 \cdot 5H_2O$, 2 mg of inositol, 400 μg of pyridoxine-HCl, 400 μg of thiamine-HCl, and 400 μg of calcium pantothenate [14].

The ammonium sulphate was used as the source of nitrogen, the orthophosphoric acid – as the phosphorus source.

The biomass (dry weight) accumulation was determined by gravimetric way after drying of the washed yeast suspension to constant weight at 105 °C.

The economic coefficient. The economic coefficient or biomass yield was calculated by dividing the gather of cells containing 25% of dry matter by the amount of used substrate (glucose) and it was expressed in %.

Determination of protein content in cells. The total amount of protein substances in the yeast cells was determined using the Lowry method [15, 16].

Determination of the yeast amino acid pool. In this paper, a method of extraction of amino acid pool by boiling the cells in distilled water for 15 minutes was applied. Quantification of the pool was carried out using the Swenson & Befts method [17], who modified the Moore & Stein method [18, 19, 20]. This method has the same sensitivity to all amino acids and gives an idea of the total content of free amino acids in cells.

Determination of reserve carbohydrates. The method of step fractionation of carbohydrates [21, 22, 23, 24] was used, followed by the determination of individual carbohydrates in each fraction [22].

Complete factorial experiment [25]. The main advantage of this approach is the possibility of studying the simultaneous impact of a large number of factors on the process efficiency. In addition, this method makes possible establishing the availability of interfactor interactions in the system along with a quantitative consideration of each individual factor and allows to estimate the effect of those.

For the function $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$ the regression equation is used, which is the expansion of this function in a power series (Eq.1):

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i^2 x_j + \dots \quad (1)$$

where x_{ij} are variable factors, in coded units; b_i, b_j – regression coefficients at the corresponding variables.

The number of variants of the experiments that must be put in the initial series depends on the number of initial factors. In total, on two levels for n factors, the number of variants of the experiments will be: 2^n . In the first part of this paper, the number of factors studied was equal 4, respectively, the number of experiments was 16. In the second part of this paper, there were 3 variability factors and 8 experiments.

Regression coefficients calculation formulas (Eq. 2,3) can be presented in a general form:

$$b_0 = \frac{\sum \bar{y}_u}{N} \quad (2)$$

$$b_i = \frac{\sum x_{iu} \bar{y}_u}{N} \quad (3)$$

where x_{iu} is the value of the variable in the corresponding column of the experiment plan; \bar{y}_u – the result of the u -th experiment, the arithmetic mean value; N is the total number of experiments; u is the number of the variant of the experiment; i is the factor's number.

To confirm the validity of the regression equation obtained, the following actions were carried out for the observed process:

- statistical analysis of the significance of regression coefficients b_j ;
- validity check of the regression equation.

Along the statistical analysis of the significance of the regression coefficients, the distribution error b_i was calculated. The regression coefficient was assumed to be different from zero, i.e. significant, if the following inequality was satisfied (Eq.4):

$$|b_i| > t \sqrt{S_{b_i}^2} \quad (4)$$

where $\sqrt{S_{b_i}^2}$ – is the error in b_i determining in the experiment; t – Student's criterion for 5% significance level, which allowed us to predicate the significance of b_i values at the 95% credible level.

In order to convince ourselves that the obtained regression equations sufficiently (adequately) describe the process under investigation, in each case the Fisher's criterion F (Eq.5) was determined:

$$F_{ad} = \frac{S_{ad}^2}{S_{\bar{y}}^2} \quad (5)$$

where S_{ad}^2 – is the adequacy variance (the magnitude of error of the reproducible results); $S_{\bar{y}}^2$ – is the variance of the \bar{y} mean value.

The calculated F_{ad} criterion was compared to the tabulated value of F (for 5% significance level). If $F_{ad} > F$, then there is the equation. If $F_{ad} < F$, then this indicates that the process proximity to the

optimal region, i.e. in this case it is not possible to be limited to the linear approximation, it is necessary to take into account the quadratic terms (Eq.1).

Results and discussion

In this study, the following values were taken as factors influencing the main parameters:

X₁ – yeast pitching value with 25% dry matter content, the% of fermentable carbohydrates;

X₂ – content of nitrogen in the culture medium, g dm⁻³;

X₃ – phosphorus content expressed in terms of P₂ O₅ in the culture medium, g dm⁻³;

X₄ – the biotin content in the culture medium, mg dm⁻³.

The yield was calculated by the ratio of biomass increment with a content of 25% solids to the amount of glucose to be disposed and it was expressed in %.

Table 1. The natural values of factors and the results of experiments at the experimental researches according to the plan of the full factorial experiment

№	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	Yield (\bar{y}), % of fermentable sugars
1	1,0	0,25	0,1	2,7	44,6
2	12,0	0,25	0,1	10,0	56,7
3	1,0	0,65	0,1	10,0	64,1
4	12,0	0,65	0,1	2,7	52,9
5	1,0	0,25	0,4	10,0	48,2
6	12,0	0,25	0,4	2,7	58,1
7	1,0	0,65	0,4	2,7	49,5
8	12,0	0,65	0,4	10,0	62,6
9	1,0	0,25	0,1	10,0	46,9
10	12,0	0,25	0,1	2,7	49,5
11	1,0	0,65	0,1	2,7	45,3
12	12,0	0,65	0,1	10,0	63,6
13	1,0	0,25	0,4	2,7	43,4
14	12,0	0,25	0,4	10,0	50,7
15	1,0	0,65	0,4	10,0	67,6
16	12,0	0,65	0,4	2,7	62,9

As a result of calculations, the following equation is obtained:

$$y = 54.16 + 5.93X_1 + 4.4X_2 + 1.21X_3 + 3.39X_4 - 2.11X_1X_4 + 2.52X_2X_4 \quad (6)$$

wherey – economic coefficient (biomass yield).

During calculation of influence of factors on the biomass yield, it is found that the lower level of factor score X₃ (phosphorus content) is in the optimal region and does not limit the reproduction of yeast.

The relationship between the inoculum value and the economic coefficient at different concentrations of nitrogen and biotin in the medium was found. In that case when both these components,

as well as the inoculum amount value, are at the lower level (No. 1, 5, 7, 11, 13 of Table 1), the yield is 44... 48%; when these factors move to the upper level (No. 3 and 15 of Table 1), the yield is increased up to 64... 69%, i.e. up to the value that is achieved in experiments with a large seed material flow (No. 8, 12, 16 in Table 1).

In view of the great importance of the X₁, X₂ и X₄ factors, the effect of seeding, nitrogen and biotin content in the environment on the biochemical composition of cells was studied, upon that the variation interval of nitrogen concentration in the medium made 0.45–0.75 g dm⁻³. The phosphorus concentration, expressed in terms of P₂ O₅ made 0.4 g dm⁻³. The experiments were also carried out according to the full factorial experiment plan.

Table 2. Influence of cultivation conditions on the economic coefficient and biochemical biomass composition

№	X ₁	X ₂	X ₄	Yield (y), % of fermentable sugars	Proteine (y _p), % of ADB	AA pool (y _{aa}), % of ADB	Trehalose (y _{carb}), % of ADB
1	1,0	0,45	2,7	49,9	29,8	14,4	35,1
2	12,0	0,45	2,7	73,2	27,7	8,3	40,0
3	1,0	0,75	2,7	51,1	33,5	21,8	30,3
4	12,0	0,75	2,7	72,0	34,6	14,3	32,5
5	1,0	0,45	10,0	73,2	25,1	7,8	40,5
6	12,0	0,45	10,0	73,1	26,7	6,9	40,8
7	1,0	0,75	10,0	79,4	34,6	11,5	27,4
8	12,0	0,75	10,0	81,2	34,4	8,5	30,4

After data processing, multiple regression equations were obtained in which the role of each of the factors was demonstrated and, what is especially important for biological objects, the interaction of these factors in the synthesis of important cellular components was demonstrated too. The equations take into account only those factors and their interaction, whose influence on the process exceeds 10%.

$$y = 34.56 + 5.73X_1 + 1.78X_2 + 7.66X_4 - 5.30X_1X_3 + 1.78X_2X_4 \quad (7)$$

$$y_p = 30.8 + 3.48X_2 - 4.01X_1X_2 \quad (8)$$

$$y_{aa} = 11.65 - 2.19X_1 + 2.34X_2 - 2.72X_4 + 1.21X_1X_4 - 1.01X_2X_4 \quad (9)$$

$$y_{carb} = 34.63 + 1.31X_1 - 1.40X_2X_4 \quad (10)$$

The economic coefficient reflects the biosynthetic activity of yeast and in the studied area of factor change the following is established:

— the biomass synthesis is influenced most of all by the biotin content in the medium. Reduction of the dose of inoculum increases the cells biotin requirement;

— the protein synthesis in cells is greatly influenced by the nitrogen concentration in the culture medium;

— the reserve carbohydrates content depends little on the amount of seed material;

— the free amino acids content increases at decreasing in seed material flowrate, at increasing in the concentration of nitrogen content and at decreasing in the biotin level;

— in the biotin-deficient medium, as well as in the medium rich with this growth factor, the value of the free amino acids pool is inversely related to the consumption of the seed material: with an increase in the initial population intensity, the amount of amino acids in the cells decreases.

The increase in the pool value with the increase in the nitrogen level is explained quite simply, because in this case, the amount of exogenous nitrogen significantly exceeds the need for yeast, so the resulting amino acids do not have time to be disposed of in biosynthetic processes and accumulate in cells (Table 2).

In the case when the biotin content is insufficient in the medium, the average content of amino acids in yeast is 14.7%. Increase in the amount of free amino acids with a low seeding value (even

in the absence of a limit on nitrogen nutrition) indicates a low activity of biosynthetic processes, as a result of which there is a low yield of biomass (No. 1 and 3 in Table 2). In the biotin-rich medium, the average amino acid content in cells is 8.7%, and the maximum amount of amino acids is contained in yeast obtained in a medium with a high nitrogen content and a low seed material flowrate. In this case, one cannot speak of low yeast activity, because the yields in No. 6 and 7 (Table 2) are almost the same; on the contrary, it follows from these data that when the inoculum content is low in a medium that does not limit cell growth, the yeast reproductive activity will be higher.

Conclusions

The composition of the nutrient medium should be adjusted in accordance with the dose of the seed material. In case of the decrease in the amount of inoculum, the cells biotin and sources of nitrogen nutrition needs are increased. The content of reserve carbohydrates in yeast at the end of the cultivation process doesn't practically depend on the pitching value. The increase in pitching decreases the protein content in cells and reduces the free amino acids pool in them.

Acknowledgements

We show our appreciation to the LLC 'Sartorius Stedim RUS' company representative office in Russia of Sartorius Stedim Biotech (Germany) for the equipment provided for the research – the BIOSTAT A bioreactor.

ЛИТЕРАТУРА

1 Kunze B. Technology malt and beer // *Professiya*. 2003. P. 912.

2 Annemuller G. Yeast in brewing // *Professiya*. 2015. P. 428.

3 Bekatorou A., Psarianos C., Koutinas A.A. Production of food grade yeasts // *Food Tech. Biotech.* 2006. V. 44. P. 407–415.

4 Novakovskaya S.S. Production of baker's yeast // *Agropromizdat*. 1990. P. 335.

5 Suomalainen H. The effect of biotin deficiency on the synthesis of fatty acids by yeast // *Biochim. Biophys. Acta*. 1963. V. 70. P. 493–503.

6 Meledina T.V. The yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Morphology, chemical composition, metabolism // ITMO University. 2015. P. 88.

7 Oura E., Suomalainen H. Biotin and the metabolism of baker's yeast // *J. Inst. Brew.* 1978. V. 84. P. 283–287.

8 Bohlscheid J.C., Fellman J.K., Wand X.D. et al. The influence of nitrogen and biotin interactions on the performance of *Saccharomyces* in alcoholic fermentation // *Journal of Applied Microbiology*. 2007. V. 102. P. 390–400.

9 Rogers T.O., Lichstein H.C. Regulation of biotin transport in *Saccharomyces cerevisiae* // *J. Bacteriol.* 1969. V. 100. P. 565–572.

10 Sales K. The LEA-like protein HSP12 in *Saccharomyces cerevisiae* has a plasma membrane location and protects membranes against desiccation and ethanol-induced stress // *Biochim. Biophys. Acta*. 2000. V. 1463. P. 267–278.

11 Lillie S.H., Pringle J.R. Reserve carbohydrate metabolism in *S. cerevisiae* responses to nutrient limitation // *J. Bacteriol.* 1980. V. 143. P. 1384–1394.

12 Panek A.D. Storage carbohydrates during starvation of yeasts // *Ann. Acad. Brasil. Cienc.* 1974. V. 46. P. 329–332.

13 Panek A.D. Trehalose synthesis during starvation of baker's yeasts // *Europ. J. Appl. Microbiol.* 1975. V. 2. P. 39–46.

14 Mizunaga T., Kuraishi H., Aida K. Levels of biotin enzymes during unbalanced growth and death of biotin-deficient yeast cells // *J. Gen. Appl. Microbiol.* 1973. V. 19. P. 1–9.

15 Lowry O.H. Protein measurement with the folin phenol reagent // *J. Biol. Chem.* 1951. V.13. № 61. P. 265–275.

16 Waterborg, J.H. The Lowry method for protein quantitation // *Methods Mol Biol.* 1994. V. 32. P. 1–4.

17 Swenson P.O. Aerobic fermentation and the depletion of the amino acid pool In yeasts cells // *J. Gen. Physiol.* 1963. V. 46. P. 387–403.

18 Moore S. Photometric nin-hydrin method for use in the chromatography of amino acids // *J. Biol. Chem.* 1948. V. 176. P. 367–388.

19 Moore S. A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds // *J. Biol. Chem.* 1954. V. 211. P. 907–913.

20 Moore S., Stein W.H. Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording equipment // *Methods in Enzymology.* 1963. V. 6. P. 819–831.

21 Trevelyan W.E. Studies on yeast metabolism. I. Fractionation and microdetermination of cell carbohydrates // *Biochem J.* 1950. V. 50. № 3. P. 298–303.

22 Trevelyan W.E. Determination of yeast carbohydrates with the anthrone reagent // *Nature.* 1952. V. 170. P. 626–627.

23 Trevelyan W.E. Studies on yeast metabolism. 5. The trehalose content of baker's yeast during anaerobic fermentation. // *Biochem J.* 1956a. V. 62. № 2. P. 177–183.

24 Trevelyan W.E. Studies on yeast metabolism. 7. Yeast carbohydrate fractions. Separation from nucleic acid, analysis, and behaviour during anaerobic fermentation // *Biochem J.* 1956b. V. 63. № 3. P. 23–33.

25 Meledina T.V. Methods of planning and processing the results of scientific research // *ITMO. IHBT.* 2015. P. 110.

REFERENCES

1 Kunze B. Technology malt and beer. Professiya. 2003. pp. 912.

2 Annemuller G. Yeast in brewing. Professiya. 2015. pp. 428.

3 Bekatorou A., Psarianos C., Koutinas A.A. Production of food grade yeasts. *Food Tech. Biotech.* 2006. vol. 44. pp. 407–415.

4 Novakovskaya S.S. Production of baker's yeast. *Agropromizdat.* 1990. pp. 335.

5 Suomalainen H. The effect of biotin deficiency on the synthesis of fatty acids by yeast. *Biochim. Biophys. Acta.* 1963. vol.70. pp. 493–503.

6 Meledina T.V. The yeast *Saccharomyces cerevisiae*. Morphology, chemical composition, metabolism. ITMO University. 2015. pp. 88.

7 Oura E., Suomalainen H. Biotin and the metabolism of baker's yeast. *J. Inst. Brew.* 1978. vol. 84. pp. 283–287.

8 Bohlscheid J.C., Fellman J.K., Wand X.D. et al. The influence of nitrogen and biotin interactions on the performance of *Saccharomyces* in alcoholic fermentation. *Journal of Applied Microbiology.* 2007. vol. 102. pp. 390–400.

9 Rogers T.O., Lichstein H.C. Regulation of biotin transport in *Saccharomyces cerevisiae*. *J. Bacteriol.* 1969. vol.100. pp. 565–572.

10 Sales K. The LEA-like protein HSP12 in *Saccharomyces cerevisiae* has a plasma membrane location and protects membranes against desiccation and ethanol-induced stress. *Biochim. Biophys. Acta.* 2000. vol. 1463. pp. 267–278.

11 Lillie S.H., Pringle J.R. Reserve carbohydrate metabolism in *S. cerevisiae* responses to nutrient limitation. *J. Bacteriol.* 1980. vol. 143. pp. 1384–1394.

12 Panek A.D. Storage carbohydrates during starvation of yeasts. *Ann. Acad. brasil. cienc.* 1974. vol. 46. pp. 329–332.

13 Panek A.D. Trehalose synthesis during starvation of baker's yeasts. *Europ. J. Appl. Microbiol.* 1975. vol. 2. pp. 39–46.

14 Mizunaga T., Kuraishi H., Aida K. Levels of biotin enzymes during unbalanced growth and death of biotin-deficient yeast cells. *J. Gen. Appl. Microbiol.* 1973. vol. 19. pp. 1–9.

15 Lowry O.H. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem.* 1951. vol.13. no. 61. pp. 265–275.

16 Waterborg, J.H. The Lowry method for protein quantitation. *Methods Mol Biol.* 1994. vol. 32. pp. 1–4.

17 Swenson P.O. Aerobic fermentation and the depletion of the amino acid pool In yeasts cells. *J. Gen. Physiol.* 1963. vol. 46. pp. 387–403.

18 Moore S. Photometric nin-hydrin method for use in the chromatography of amino acids. *J. Biol. Chem.* 1948. vol. 176. pp. 367–388.

19 Moore S. A modified ninhydrin reagent for the photometric determination of amino acids and related compounds. *J. Biol. Chem.* 1954. vol. 211. pp. 907–913.

20 Moore S., Stein W.H. Chromatographic determination of amino acids by the use of automatic recording equipment. *Methods in Enzymology.* 1963. vol. 6. pp. 819–831.

21 Trevelyan W.E. Studies on yeast metabolism. I. Fractionation and microdetermination of cell carbohydrates. *Biochem J.* 1950. vol. 50. no. 3. pp. 298–303.

22 Trevelyan W.E. Determination of yeast carbohydrates with the anthrone reagent. *Nature.* 1952. vol. 170. pp. 626–627.

23 Trevelyan W.E. Studies on yeast metabolism. 5. The trehalose content of baker's yeast during anaerobic fermentation. *Biochem J.* 1956a. vol. 62. no. 2. pp. 177–183.

24 Trevelyan W.E. Studies on yeast metabolism. 7. Yeast carbohydrate fractions. Separation from nucleic acid, analysis, and behaviour during anaerobic fermentation. *Biochem J.* 1956b. vol. 63. no. 3. pp. 23–33.

25 Meledina T.V. Methods of planning and processing the results of scientific research. *ITMO. IHBT.* 2015. pp. 110.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна В. Меледина д.т.н. профессор, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Университет ИТМО, Кронверкский пр-т, 49, Санкт-Петербург, Россия, tatiana.meledina@yandex.ru

Вера А. Иванова ассистент, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Университет ИТМО, Кронверкский пр-т, 49, Санкт-Петербург, Россия, vera_ershova@mail.ru

Харба Разан аспирант, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Университет ИТМО, Кронверкский пр-т, 49, Санкт-Петербург, Россия, razan.harbah@mail.ru

Оксана В. Головинская к.т.н., доцент, кафедра пищевой биотехнологии продуктов из растительного сырья, Университет ИТМО, Кронверкский пр-т, 49, Санкт-Петербург, Россия, oksana2187@mail.ru

Инна В. Новикова д.т.н., профессор, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Алексей В. Коростелев к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tatyana V. Meledina Dr. Sci. (Engin.), professor, Food Biotechnology Vegetable Stock Department, ITMO University, Kronverksky av., 49, St. Petersburg, Russia, tatiana.meledina@yandex.ru

Vera A. Ivanova assistant, Food Biotechnology Vegetable Stock Department, ITMO University, Kronverksky av., 49, St. Petersburg, Russia, vera_ershova@mail.ru

Harbah Razan graduate student, Food Biotechnology Vegetable Stock Department, ITMO University, Kronverksky av., 49, St. Petersburg, Russia, razan.harbah@mail.ru

Oksana V. Golovinskaya Cand. Sci. (Engin), associate professor, Food Biotechnology Vegetable Stock Department, ITMO University, Kronverksky av., 49, St. Petersburg, Russia, oksana2187@mail.ru

Inna V. Novikova Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of industrial fermentations and sugar making department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Alexey V. Korostelev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of industrial fermentations and sugar making department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.2.2018

ACCEPTED 4.4.2018

Технологические свойства жмыха амаранта как компонента комбикормов

Евгения С. Шенцова	¹	evgeniya-shencova@yandex.ru
Лариса И. Лыткина	¹	
Александр В. Востроилов	²	alexandervostroilov@yandex.ru
Елена Е. Курчаева	²	alena.kurchaeva@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Воронежский государственный аграрный университет имени им. Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Реферат. Ценность жмыхов как кормовых продуктов определяется их составом. Высокое содержание протеина, наличие углеводов, жира, фосфосодержащих веществ, минеральных элементов, витаминов делают их незаменимым средством в кормлении сельскохозяйственных животных. Использование нетрадиционных растительных ресурсов при производстве комбикормов, таких как жмых амаранта, способствует повышению их питательной и биологической ценности, а также обеспечивает более полное усвоение организмом животных. В данном виде сырья в концентрированном виде присутствуют питательные вещества, положительно влияющие на их продуктивность. Для определения возможности использования жмыха амаранта в качестве компонента комбикормов были исследованы его технологические свойства. Для этого изучены физико-механические свойства продукта (установлено содержание влаги, величина объемной массы, значение угла естественного откоса). Изучены гигроскопические свойства жмыха амаранта. Установлено, что значение гигроскопической точки соответствуют оптимальным значениям, свойственным основным видам сырья для производства комбикормов. Проведенные исследования позволяют прогнозировать оптимальные свойства жмыха амаранта в процессе его переработки и хранения. Обоснованы технологические режимы подготовки нового вида сырья для ввода в состав комбикормов, т. е. режимы измельчения. Изучена способность жмыха амаранта к дозированию, проведена статистическая обработка полученных результатов, что позволило оценить данные свойства положительно. Подобные результаты получены в ходе смешивания. В результате проведенной работы изучены параметры гранулирования комбикормов с различным содержанием данного компонента. Определены режимы проведения процесса на линии гранулирования в условиях выработки полнорационных комбикормов с использованием жмыха амаранта на предприятии. Установлено, что произведенный гранулированный комбикорм по качеству соответствовал установленным требованиям.

Ключевые слова: технологические свойства, амарантовый жмых, режимы гранулирования, комбикорм

Technological properties of amaranth cake as a component of mixed fodders

Evgenya S. Shentsova	¹	evgeniya-shencova@yandex.ru
Larisa I. Lytkina	¹	
Aleksandr V. Vostroilov	²	alexandervostroilov@yandex.ru
Elena E. Kurchaeva	²	alena.kurchaeva@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Voronezh state agrarian University named after them. Petra I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Summary. The value of oil cakes as fodder products is determined by their composition. High protein content, presence of carbohydrates, fat, phosphorus-containing substances, mineral elements, vitamins make them an indispensable tool in farm animals feeding. The use of unconventional plant resources in the production of mixed fodders, such as amaranth cake, enhances their nutritional and biological value, as well as provides more complete digestion of the animals. In this type of raw materials there are nutrients in a concentrated form that have a positive effect on their productivity. To determine the possibility of amaranth cake using as a component of mixed fodder, its technological properties were investigated. To do this, the physical and mechanical properties of the product were studied (moisture content, bulk density, angle of natural slope). The hygroscopic properties of amaranth cake were studied. It was found out that the value of the hygroscopic point corresponds to the optimum values characteristic of the main types of raw materials for the production of mixed fodders. The research carried out allows to predict optimum properties of the amaranth cake in the course of its processing and storage. The technological regimes for the preparation of a raw material new type for input into the composition of mixed fodders, i.e., the grinding regimes, are substantiated. The ability of amaranth cake to dispense was studied, statistical processing of the results obtained was carried out; it allowed to evaluate these properties positively. Similar results were obtained during mixing. As a result of this work, the parameters of mixed fodders granulation with different contents of this component were studied. The regimes of the process on the granulation line in the conditions of full-feed mixed fodders production using amaranth cake at the enterprise are determined. It was found out that the produced granulated mixed fodder corresponded to the established requirements in quality.

Keywords: technological properties, amaranth, cake, granulation modes, mixed fodder

Для цитирования

Шенцова Е.С., Лыткина Л.И., Востроилов А.В., Курчаева Е.Е. Технологические свойства жмыха амаранта как компонента комбикормов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 182–188. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-182-188

For citation

Shentsova E.S., Lytkina L.I., Vostroilov A.V., Kurchaeva E.E. Technological properties of amaranth cake as a component of mixed fodders. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 182–188. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-182-188

Введение

Одним из путей повышения качества кормов – введение в рацион новых растений с полезными свойствами. Такой перспективной культурой для Центрально-Черноземного района является амарант. Амарант принадлежит к растениям С-4 типа и обладает особым типом фотосинтеза, который и объясняет колоссальные возможности продуктивности.

Амарант имеет много видов, различающихся по морфобиологическим и хозяйственным признакам, он используется как пищевое, кормовое растение. Зерно амаранта имеет следующий состав: содержание протеина – 16–20%, масла 6–8%, клетчатки 5%, золы 3%, крахмала от 64 до 70%. Амарант также богат фосфором, кальцием и рядом витаминов. Использование белков амаранта в кормлении животных делает корма более полноценными и сбалансированными. Кормовые виды амаранта дают более 500 ц/га зеленой массы, используются для приготовления сенажа, силоса, зеленого корма. На 1 кормовую единицу в кормах из амаранта приходится 137–292 г. переваримого протеина. Урожайность амаранта в условиях Центрально-Черноземного региона составляет от 15 до 25 ц/га [1,2].

В качестве перспективных источников сырья для производства комбикормов, содержащих в своем составе питательные и функциональные ингредиенты, практический интерес представляют побочные продукты промышленной переработки масличных культур, такие как жмыхи и шроты. В последнее время несомненный интерес у специалистов отрасли вызывает амарантовый жмых.

Жмых амаранта содержит сырого протеина 26–36%, сырого жира 10,0–14,0%, сырой клетчатки 6–10,4%; сырой золы 7–8% [3, 6, 9]. Количество сухих веществ составляет 92–96%. В их составе присутствует линолевая кислота (20–25%), кальций (0,35–0,40%); общий фосфор (0,40–0,47%). Аминокислоты представлены лизином в количестве 1,19–2,80%, метионином (0,56–1,15%), треонином (1,08–2,48%), триптофаном (0,06–0,34%), аргинином (0,80–1,80%) [3–5].

В последнее время изучается возможность применения амарантового жмыха в качестве компонента комбикормов [10], в связи с этим проведены исследования технологии ввода этого компонента в состав комбикорма для откормочного поголовья молодняка кроликов.

Материалы и методы

В условиях ООО «Русская Олива» после извлечения масла из амаранта (ГОСТ Р 55294) был получен жмых, использованный в дальнейшем в качестве объекта исследования. Для сравнения выбрали жмых рапса (ГОСТ 11048–95).

Проведен сравнительный анализ технологических свойств жмыха амарантового и жмыха рапсового по следующим показателям: средний размер частиц (ГОСТ 13496.8–72), угол естественного откоса и объемная масса (ГОСТ 28254–89), распыляемость, условная слеживаемость и гигроскопические свойства (по методикам Н.В. Пестова), содержание металломагнитных примесей (ГОСТ 31464–2012).

Результаты и обсуждение

В результате исследований выявлено, что технологические свойства амарантового жмыха вполне соответствуют предъявляемым требованиям к компонентам комбикормов и мало отличаются от широко используемого рапсового жмыха.

Установлено, что величина объемной массы амарантового жмыха колеблется в пределах 680–577 кг/м³ и с повышением влагосодержания снижается. Это можно объяснить повышенным комкованием продукта и, вследствие этого, увеличением объема занимаемого пространства. Угол естественного откоса также изменялся при изменении влажности и находился в пределах от 32 до 43 градусов.

Для определения гигроскопических свойств амарантового жмыха был использован статический эксикаторный метод. В эксикаторы с растворами серной кислоты, создающими необходимые относительные влажности воздуха, помещали бюксы с навесками продукта.

Опыт проводили при температуре окружающего воздуха 18–20 °С до постоянной массы бюкса в течение 4–5 суток. Полученные экспериментальные данные о равновесной влажности амарантового жмыха представлены на рисунке 1. Гигроскопическая точка амарантового жмыха соответствовала значению относительной влажности воздуха 51,5%. Согласно существующей классификации продукты с величиной гигроскопической точки от 40 до 60% являются гигроскопичными, что свидетельствует о гигроскопичности амарантового жмыха.



Рисунок 1. Равновесная влажность жмыха амаранта

Figure 1. The equilibrium moisture content of the oil cake of an amaranth

При температуре 18–20 °С равновесная влажность амарантового жмыха при всех относительных влажностях воздуха устанавливалась по истечении 8–10 суток.

Изотермы сорбции парообразной влаги исследуемого продукта при относительной влажности воздуха 59; 75,5 и 89,0% представлены на рисунке 2.

Установлено, что в течение первого дня при указанной влажности воздуха сухое вещество амарантового жмыха сорбирует соответственно 3,1; 4,9 и 5,6% влаги, что свидетельствует о том, что данный продукт является умеренно гигроскопичным. Высокая интенсивность сорбции влаги и быстрое достижение состояния равновесной влажности подтверждает это.

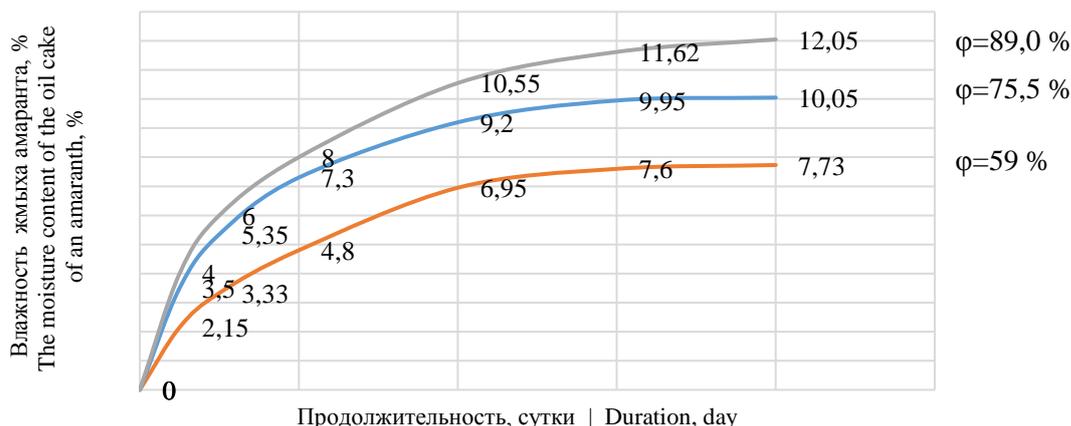


Рисунок 2. Изотермы сорбции парообразной влаги

Figure 2. Vapor moisture sorption isotherms

Обеспечение требуемой крупности комбикормов предполагает измельчение компонентов, входящих в рецептуру комбикорма.

Измельчение амарантового жмыха проводили на молотковой дробилке с установкой сит диаметром отверстий 3; 4; 5 и 6 мм (таблица 1). В процессе эксперимента нарушений при измельчении жмыха в работе молотковой дробилки не наблюдалось.

Изучены технологические свойства измельченного амарантового жмыха в сравнении с рапсовым.

Анализ экспериментальных данных показал, что после измельчения в молотковой дробилке с установкой сита с диаметром отверстий 2 мм жмыхи амарантовый и рапсовый имели идентичные свойства (таблица 2).

Содержание крупной фракции измельченного амарантового жмыха (частицы размером

более 3 мм) достигает не более 1%, в результате чего продукты не требуют ситового контроля и измельчения сходовой фракции при подготовке данного сырья к дозированию при производстве комбикормов. Одним из условий равномерного распределения компонента в смеси является стабильное и точное его дозирование, которое характеризует его однородность. Дозирование жмыха амарантового, измельченного на молотковой дробилке с установкой сита с отверстиями диаметром 2 мм, осуществляли на объемном тарельчатом дозаторе ДТК.

Равномерность дозирования жмыха амарантового оценивали по значениям коэффициента вариации, который отражает степень рассеяния результатов измерений по отношению к среднему значению (1,94–2,49%) (таблица 3). Таким образом, дозирование жмыха амарантового проходило вполне удовлетворительно.

Таблица 1.

Технологические свойства продуктов измельчения

Table 1.

Technological properties of grinding products

Показатель Indicator	Жмых амарантовый измельченный на дробилке с ситами отверстий диаметром Cake amaranth milled on a crusher with cheats holes diameter			
	2	3	4	5
Влажность,% Humidity,%	7,1	7,1	7,1	7,1
Объемная масса кг/м ³ Bulk weight kg / m ³	575,00	600,00	632,00	645,00
Угол естественного откоса,град Angle of repose, hail	43,00	42,00	42,00	42,00
Распыляемость,% Dispersibility,%	2,8	2,8	2,7	2,8
Условная слеживаемость Conditional traceability	Не слеживается	Не слеживается	Не слеживается	Не слеживается
Остатки на ситах, % Remains on sieves, %				
5	-	-	-	-
3	-	-	3,00	4,75
2	2,50	4,00	5,80	8,00
1	32,0	40,50	50,20	43,00
дно	68,00	55,50	41,00	44,25
Средний размер частиц, мм Average particle size, mm	0,88	0,99	1,22	1,26

Таблица 2.

Сравнительное исследование технологических свойств жмыха амарантового

Table 2.

Comparative study of technological properties of amaranth cake

Показатель качества Quality indicator	Жмых рапсовый Cake of rapeseed	Жмых амарантовый Amaranth cake
Влажность, % Humidity, %	8,9	7,1
Объемная масса, кг/м ³ Bulk weight, kg / m ³	495,0	575,0
Угол естественного откоса, град The angle of repose, deg	43,0	43,0
Распыляемость, % Dispersibility, %	3,6	2,8
Гигроскопическая точка, % Hygroscopic point, %	48,0	51,5
Условная слеживаемость Conditional traceability	Не слеживается It does not cake	
Остаток на сите Sieves residue:		
5	-	-
3	-	-
2	2,5	2,50
1	46,50	32,0
дно	51,00	68,0
Средний размер частиц, мм Average particle size, mm	1,10	0,88
Количество металломагнитных примесей, мг/кг Amount of metallomagnetic impurities, mg / kg	7,9	8,1

Таблица 3.

Показатели процесса дозирования жмыха амаранта

Table 3.

Indicators of the process of dosing of amaranth cake

Величина дозированной щели Size of the dosing gap	Производительность дозатора кг/ч The capacity of the batcher kg/h	Среднее отклонение при дозировании,% The average deviation in dosage,%	Коэффициент вариации, % Coefficient of variation, %
5	90	-4,8 +5,5	5,57
10	153	+2,35 -1,88	2,28
15	263,5	-1,76 +1,6	1,94
20	413	-2,08 +2,09	2,49

В связи с тем, что комбикорма для некоторых видов животных, в частности для кроликов, подвергают гранулированию, изучалась возможность гранулирования комбикормов, содержащих жмых амарантовый. Для этой цели были выработаны опытные партии комбикормов, содержащие 15% жмыха. В качестве контроля в экспериментах был использован комбикорм такого же рецепта, но содержащий жмых рапсовый.

Данные, полученные в результате проведенных экспериментов (таблица 4), показали, что производительность пресса и удельный расход электроэнергии при гранулировании комбикормов рецепта ПК-56-2, содержащих жмых рапсовый и жмых амарантовый практически одинаковы.

Качество полученных гранул в контрольной и опытной партиях было идентично и соответствовало требованиям ГОСТ Р 51899-2002 Комбикорма гранулированные. Общие технические условия.

Производственную проверку технологии ввода жмыха амарантового в комбикорма проводили на

комбикормовом заводе АО ВЭКЗ. Подготовку и подачу его в наддозаторные бункеры осуществляли на линии прессованного и кускового сырья. Указанная линия включала транспортное оборудование, магнитную колонку, молотковую дробилку (для окончательного измельчения) просеивающую машину А1-ДСМ. Дозирование жмыха амарантового производили на весовом дозаторе, а смешивание с компонентами комбикормов – в смесителе периодического действия. В процессе опытной выработки рассыпных комбикормов установлено удовлетворительное истечение исследуемых продуктов из оперативных бункеров. Случаев залегания или зависания не наблюдалось. Фактические отклонения массы при дозировании амарантового жмыха не превышали допустимых норм. Приготовленные рассыпные комбикорма с вводом амарантового и рапсового жмыха подвергали гранулированию на прессах – грануляторах Б6-ДГВ с установкой матрицы с отверстиями диаметром 4,7 мм.

Таблица 4

Показатели процесса гранулирования комбикормов

Table 4

The performance of the process of granulation of feed

Показатель Index	Продукт Product	
	Гранулированный корм с рапсовым шротом (контроль) Granular feed with rapeseed cake (control)	Гранулированный корм с амарантовым жмыхом (опыт) Granular feed with amaranth cake (control)
Давление пара, МПа Steam pressure, MPa	0,28	0,28
Производительность пресса, т/ч Press productivity, t/h	0,35	0,35
Удельный расход электроэнергии, Вт/т Specific electric power consumption, W/t	14,7	15,0
Удельный расход пара, кг/т Specific steam consumption, kg/t	38,5	39,2
Температура прессуемой смеси, °С Temperature of the pressed mixture, °C	74,0	73,0
Влажность прессуемой смеси The moisture content of the compression mixture	15,1	14,9
Качество гранул Quality of pellets:		
Влажность, % Humidity, %	12,5	13,0
Крошимость Crumbling	6,5	6,0
Проход сита, % Screen pass, %	4,3	4,7

Качество полученных гранул по всем показателям соответствовали требованиям стандарта.

На основании проведенных исследований по определению физико-механических свойств жмыха амарантового, был рекомендован ввод этого компонента в комбикорма в количестве до 15,0%.

При расчете рецептов комбикормов амарантовый жмых в соответствии с требованиями стандарта в расчете на абсолютно сухое вещество должен иметь не менее 37% сырого протеина.

Энергетическая ценность жмыха составляет 235 ккал/100 г, рапсовый же жмых имеет более низкую энергетическую ценность (200 ккал/100 г), но более высокое содержание сырого протеина 33–37% (в среднем 35,5%). В протеине этих кормов содержатся все незаменимые аминокислоты, но доступность их ниже, чем, например, из продуктов переработки подсолнечника.

Амарантовый жмых необходимо контролировать на наличие токсических веществ. При этом содержание афлатоксина В₁ не должно

превышать 0,005 мг/кг, ртути – 0,02 мг/кг, кадмия – 0,1 мг/кг, свинца – 0,5 мг/кг, нитратов – 450 мг/кг, нитритов – 10 мг/кг, изотиоцианатов – 0,8%.

Заключение

В результате проведенных комплексных исследований технологических свойств амарантового жмыха установлено, что данный

компонент имеет удовлетворительные технологические свойства и не уступает по качеству традиционным видам побочных продуктов переработки масличного сырья, используемым в рецептуре комбикормов. Это позволяет рекомендовать амарантовый жмых для использования в составе комбикормов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Аветисян А.Л., Романов В.Н. Продуктивность и питательная ценность кормовых культур в условиях Красноярской лесостепи // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 12. С. 116–123.

2 Журавель Н.В., Чумакова В.В., Мартиросян В.В. Зерновой амарант перспективная культура // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 10. С. 71–72.

3 Попов Е.С., Родионова Н.С., Соколова О.А., Мазуренко Н.Ю. Оценка перспектив производства сбалансированных по полиненасыщенным жирным кислотам продуктов из отечественного растительного сырья // Гигиена и санитария. 2016. Т. 95. № 1. С. 79–84.

4 Пивоваров В.Ф., Пышная О.Н., Гуркина Л.К. Овощи – продукты и сырье для функционального питания // Вопросы питания. 2017. Т. 86. № 3. С. 121–127. doi:10.24411/0042–8833–2017–00054.

5 Шмалько Н.А., Смирнов С.О. Способ очистки зерна амаранта от примесей // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 46. № 3. С. 114–120.

6 Егорова Е.Ю., Бочкарев М.С., Резниченко И.Ю. Определение технических требований к жмыхам нетрадиционных масличных культур пищевого назначения // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1 (32). С. 131–138.

7 Шабурова Г.В., Курочкин А.А., Воронина П.К. Повышение технологического потенциала несоложенных зернопродуктов // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1(32). С. 90–96.

8 Шенцова Е.С., Панин И.Г., Гречишников В.В., Панин А.И. Оценка погрешностей содержания питательных и биологически активных веществ в комбикормовой продукции // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 4(66). С. 109–115.

9 Федоров А.А., Антипова Л.В. Применение жмыха из семян амаранта в производстве комбинированных мясных продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. № 4. С. 11–13.

10 Мирошниченко Л.А., Страшила Н.Ю. Жмых амаранта в комбикормах цыплят-бройлеров. URL: <http://old.rusoliva.ru/download/amaranth%20zhmyh%20rusoliva.com.pdf>

Krasnoyarsk forest-steppe. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University] 2015. no. 12. pp. 116–123. (in Russian)

2 Zhuravel' N.V., Chumakova V.V., Martirosyan V.V. Grain amaranth perspective crop. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. [Achievements of science and technology of agroindustrial complex] 2012. no. 10. pp. 71–72. (in Russian)

3 Popov E.S., Rodionova N.S., Sokolova O.A., Mazurenko N. Yu. Estimation of production prospects of products balanced from polyunsaturated fatty acids from domestic plant raw materials. *Gigienaisanitariya*, [Hygiene and Sanitation] 2016. vol. 95, no. 1, pp. 79–84. (in Russian)

4 Pivovarov V.F., Pyshnaya O.N., Gurkina L.K. Vegetables-products and raw materials for functional nutrition. *Voprosypitaniya*. [Nutrition issues] 2017. vol. 86, no. 3. pp. 121–127. doi:10.24411/0042–8833–2017–00054. (in Russian)

5 Shmal'ko N. A., Smirnov S.O. Method of cleaning grain amaranth from impurities. *Tekhnikai tekhnologiya pishhevykh proizvodstv* [Technology and technology of food production] 2017. vol. 46. no. 3. pp. 114–120. (in Russian)

6 Egorova E.Yu., Bochkarev M.S., Reznichenko I.Yu. Definition of technical requirements for oilcourses of non-traditional oilseed crops of food purpose. *Tekhnikai tekhnologiya pishhevykh proizvodstv*. [Technique and technology of food manufactures] 2014. no. 1(32). pp. 131–138. (in Russian)

7 Shaburova G.V., Kurochkin A.A., Voronina P.K. Increasing the technological potential of unsalted grain products. *Tekhnika itekhnologiya pishhevykh proizvodstv*. [Technics and technology of food production] 2014. no. 1(32). pp. 90–96. (in Russian)

8 Shentsova E.S., Panin I.G., Grechishnikov V.V., Panin A.I. Estimation of errors in the content of nutrients and biologically active substances in feed production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of Voronezh State University of Engineering Technologies] 2015. no. 4(66). pp. 109–115 (in Russian).

9 Fedorov A.A., Antipova L.V. Application of cake from seeds of amaranth in the production of combined meat products *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Pishhevaya tekhnologiya*. [News of higher education institutions. Food technology] 2010. no. 4. pp. 11–13. (in Russian)

10 Miroshnichenko L.A., Strashilina N. Yu. Zhmykh amaranta v kombikormakht syplyat-broylerov [Amaranth pomace in mixed fodders of broiler chickens] Available at: <http://old.rusoliva.ru/download/amaranth%20zhmyh%20rusoliva.com.pdf> (in Russian).

REFERENCES

1 Avetisyan A.L., Romanov V.N. Productivity and nutritional value of fodder crops in the conditions of the

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения С. Шенцова д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, evgeniya-shencova@yandex.ru

Лариса И. Лыткина д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Александр В. Востроиллов д.с.-х.н., профессор, кафедра частной зоотехнии, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, alexandervostroilov@yandex.ru

Елена Е. Курчаева к.т.н., доцент, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, alena.kurchaeva@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 02.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 05.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgenya S. Shentsova Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, evgeniya-shencova@yandex.ru

Larisa I. Lytkina Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Aleksandr V. Vostroilov Dr. Sci. (Agric.), professor, private zootechnics department, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alexandervostroilov@yandex.ru

Elena E. Kurchaeva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, storage and processing of agricultural products department, Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, alena.kurchaeva@yandex.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.2.2018

ACCEPTED 4.5.2018

Анализ зарубежных технологий мясных продуктов функционального назначения

Дарья И. Шишкина¹ darya.shishkina.92@mail.ru
Александр Ю. Соколов¹ alrs@inbox.ru

¹ Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия

Реферат. Пищевые волокна (ПВ) определяются как лигнин и полисахаридные компоненты растений, которые не атакуются ферментами в желудочно-кишечном тракте человека. Потребление ПВ рекомендуется врачами из-за их влияния на снижение риска развития диабета, рака толстой кишки, ожирения и сердечно-сосудистых заболеваний у человека. Функциональные продукты определяются как продукты, которые используются для профилактики и лечения определенных заболеваний. Разработка функциональных мясных продуктов является инновационным направлением в области развития пищевой промышленности, которое обладает чрезвычайно важным практическим значением и социальной эффективностью. Разработка мясных продуктов нового поколения, продуктов здорового питания и продуктов, обогащенных функциональными компонентами связана с быстрым развитием индустрии пищевых добавок, ингредиентов, в том числе, с развитием новейших технологий и оборудования в пищевой отрасли. Одной из самых популярных тенденций в разработке функциональных продуктов является добавление пищевых волокон. Пищевые волокна являются одним из компонентов (аминокислоты, пептиды и белки, витамины и минералы, антиоксиданты, олигосахариды, сахара/спирты, глюкозиды и т. д.), которые были идентифицированы как потенциально полезные функциональные ингредиенты для здоровья человека. Вредные продукты, в том числе, фаст-фуд входят в рацион современного общества. Многие пищевые продукты содержат недостаточное количество белка животного происхождения и минимальные количества пищевых волокон. Поэтому, внедрение ПВ в постоянно потребляемую пищу (мясо, молочные продукты и кулинарные изделия) способствует устранению дефицита в них. ПВ включают с рецептуры мясных продуктов с целью уменьшения калорийности, замены жира, стабилизации технологических свойств, текстуры мясных продуктов.

Ключевые слова: пищевое волокно, функциональное питание, мясные продукты

Analysis of foreign technologies for the functional meat products'

Dar'ya I. Shishkina¹ darya.shishkina.92@mail.ru
Aleksandr Yu. Sokolov¹ alrs@inbox.ru

¹ Plekhanov Russian University of Economics, 36 Stremyanny lane, Moscow, Russia, 117997

Summary. Dietary fibers (DF) are defined as the lignin and polysaccharide components of plants that are not digested by enzymes in the human's digestive tract. The use of DF is recommended by physicians because of their impact on reducing the risk of diabetes, colon cancer, obesity and cardiovascular diseases. Functional products are products used to prevent and treat certain diseases. The development of functional meat products is an innovative focus area in the food industry, which has an extremely important practical value and social efficiency. The development of new generation of meat products, functional food and products enriched with functional components is associated with the rapid development of the industry of food additives and ingredients, as well as creation of new technologies and equipment in the food industry. One of the most popular trends in the development of functional products is the addition of dietary fibers. Dietary fibers are the components (amino acids, peptides and proteins, vitamins and minerals, antioxidants, oligosaccharides, sugars/alcohols, glucosides, etc.) that have been identified as potentially useful functional ingredients for human health. Harmful products or fast foods have become the cornerstone of healthy diets in modern society. Many of these harmful products contain insufficient amount of meat and minimal amount of dietary fibers. The introduction of DF in the daily diet (meat, dairy products and pastry products) can help filling the gap in the dietary fibers. DF can also be added to meat products to reduce caloric content by replacing fat, and to improve the stability and texture of meat products.

Keywords: dietary fiber, functional food, meat products

Принципы использования функциональных ингредиентов

Концепция функциональных пищевых продуктов в мясной промышленности недавно столкнулась с новыми проблемами: Международное агентство по исследованию рака Всемирной организации здравоохранения классифицировало обработанное мясо в качестве канцерогена группы 1 для людей в 2015 году [6]. Это в основном было вызвано присутствием соединений: нитритов и полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в мясных продуктах [6].

Для цитирования

Шишкина Д.И., Соколов А.Ю. Анализ зарубежных технологий мясных продуктов функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 189–194. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-189-194

Поскольку технология функциональных мясных продуктов включает два основных направления: добавление функциональных ингредиентов и сокращение потенциально опасных компонентов [25], важность последнего направления особенно выросла. Ранее исследования в основном касались уменьшения жира или соли [4], но в настоящее время особое внимание уделяется также уменьшению содержания нитритов [8] и ПАУ [12] в мясных продуктах. Тем не менее, добавление функциональных ингредиентов остается основой для разработки более здоровых мясных продуктов [25].

For citation

Shishkina D.I., Sokolov A.Yu. Analysis of foreign technologies for the functional meat products'. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 189–194. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-189-194

Потребители лучше информированы о питании и хотят знать больше о медицинских преимуществах продуктов питания. Производители продуктов питания сталкиваются с проблемой производства функциональных продуктов, в то же время гарантируя, что продукт обладает наилучшим вкусом, текстурой и внешним видом [27]. Таким образом, производители мясных продуктов изменили рецептуры для удовлетворения меняющихся потребностей рынка путем включения определенных компонентов, которые добавляют функциональные свойства к мясным продуктам или путем сокращения определенных ингредиентов, которые не являются полезными для здоровья [22].

Как правило, растет тенденция использования функциональных биоактивных соединений в мясном производстве [5].

Несомненно, что эти компоненты могут оказать существенное влияние на поддержание здоровья человека [26].

Функциональные продукты содержат ингредиенты, которые вносят, чтобы принести пользу для здоровья потребителей. Эти ингредиенты широко исследованы и включают пробиотические бактерии, пребиотики, диетические волокна, синбиотики, антиоксидантные вещества, полиненасыщенные (омега-3) жирные кислоты, растительные стерины, биоактивные пептиды, минералы и витамины. Что касается мясных продуктов, важно, чтобы функциональные ингредиенты не изменяли свойств продукта, и, чтобы новые ингредиенты присутствовали в таких количествах, чтобы оказывать благотворное влияние на потребителей. Многие функциональные ингредиенты могут заменить нежелательные соединения в мясных продуктах; например, пребиотики, пищевые волокна или эмульсия растительного масла действуют как заменители жировой ткани [31]. Аналогичным образом, частичная замена NaCl на KCl, MgCl₂ или CaCl₂, приводит к созданию продуктов, обогащенных K, Mg или Ca соответственно [30]. Использование пробиотических бактерий возможно только в не нагретых продуктах, таких как ферментированные колбасы, которые придают этому типу мясного продукта большой потенциал для производства в качестве функционального питания [19]. Кроме того, некоторые пробиотические молочнокислые бактерии, как уже упоминалось, могут уменьшать образование аминов в ферментированных колбасах, что косвенно может замедлить синтез вредного нитрозамина; эти бактерии могут также разлагать ПАУ [12]. Использование

функциональных ингредиентов должно быть надлежащим образом указано на этикетках продуктов, чтобы не вводить потребителей в заблуждение [20]. Пищевые волокна (ПВ) можно описать как остатки съедобного фрагмента растений и углеводов, которые не поддаются ассимиляции или абсорбции в тонком кишечнике человека. Различные работы показали полезные воздействия ПВ против многих заболеваний, таких как профилактики ишемической болезни сердца и рака, нормализации липидов крови, регуляции абсорбции глюкозы и секреции инсулина и профилактики запора [1].

Мясные продукты, безусловно, являются основным источником пищевых белков с высокой биологической ценностью в различных странах. Мясо также является прекрасным источником некоторых витаминов и минералов, необходимых жиров [7]. Однако в большей части мясных продуктов отсутствуют сложные углеводы, такие как ПВ. В настоящее время добавление ПВ в мясопродукты является перспективным т. к. увеличиваются полезные свойства. Они задерживают воду, способствуют уменьшению потерь при приготовлении пищи, обладают нейтральным вкусом и текстурой. Таким образом, ПВ могут использоваться как компоненты для производства мясных продуктов, которые содержат небольшое количество жира [9].

Итак, пищевое волокно как ингредиент включает в основном олиго- и полисахариды (например, целлюлоза, пектиновые материалы, гемицеллюлозы, инулин), лигнин и другие компоненты, такие как воски, полифенолы, сапонины.

Устойчивый крахмал подразделяется на пять различных типов [4]. Крахмал состоит из разных фракций: физически недоступные, ретроградные, химически модифицированные фрагменты, крахмальные комплексы с другими родственными компонентами. Пищевое волокно состоит из двух фракций: растворимые и нерастворимые волокна. Фрукты, овощи, овес и бобы имеют большое количество растворимых волокон [11].

С другой стороны, цельные зерна являются хорошим примером, как источник нерастворимого ПВ [7].

Наоборот, нерастворимые волокна, такие как целлюлоза и лигнины оказывают незначительное влияние на вязкость веществ, а также ускоряют время нахождения в тонкой кишке и проявляют более существенное слабительное воздействие, чем растворимые волокна [2]. По сути, растворимые волокна такие как пектины,

камеди, вызывают замедление очищения желудка или абсорбцию из тонкой кишки и склонны к снижению уровня холестерина в крови. Поскольку в середине 1970-х годов интерес к ПВ вырос, это привело к множеству исследований. Потребление ПВ для взрослых варьируется от 25 до 30 г в день, а соотношение нерастворимых и растворимых волокон должно быть 3:1 [5].

Применения пищевых волокон для мясных продуктов

В настоящее время современные потребители постепенно начинают заботиться о своем здоровье и продуктах, которые они употребляют. Задавая вопрос, вкусные, привлекательные, безопасные для здоровья или нет? Продукты из мяса известны как ценные источники незаменимых аминокислот, жиров, витаминов и минералов. Они должны содержать низкое количество холестерина и жира, хорошо сбалансированный состав жирных кислот, более низкие уровни как хлорида натрия, так и нитритов в мясных продуктах. Большинство продуктов в целом содержит высокое количество белка и жира, однако, дефицит в ПВ и добавление их в мясные продукты являются весьма интересной темой [3]. Актуальность добавления пищевых волокон в мясные продукты растет из-за их функциональных свойств, таких как стабильность эмульсии, удержание воды, текстура, нейтральный вкус [25]. Многочисленные источники пищевых волокон такие, как пшеничные отруби, овсяные отруби, сахарная свекла, рисовые отруби, соя, солод, горох и т. д. были добавлены в рецептуры некоторых мясных продуктов таких, как пирожки, фрикадельки и колбасы для улучшения питательного суточного состава [28]. ПВ является возможным заменителем жира в производстве различных мясных продуктов [14].

Мясные полуфабрикаты

Пшеничные отруби являются хорошим источником нерастворимых ПВ [17]. Добавление пшеничных отрубей во фрикадельки в концентрациях 5, 10, 15 и 20% были исследованы в 2005 [15]. Результаты показали, что общее количество транс-жирных кислот снижается и, с другой стороны, отношение общих ненасыщенных жирных кислот к общим насыщенным жирным кислотам во фрикадельках, дополненных пшеничными отрубями, чем в контрольных образцах [12]. Увеличение концентрации отрубей пшеницы от 5% до 20%, понижало влажность и содержание жира во фрикадельках, а содержания золы и белка увеличились, кроме того в 2009

выяснили, что добавление пшеничных отрубей уменьшали содержание белка и жира в пирожках с говядиной [28]. Непереваренные диетические волокна из пшеничных отрубей могут быть введены для замены жиров в бифбургерах, а именно для снижения холестерина и улучшения текстуры [32].

Талукдар и Шарма добавили овсяные отруби и пшеничные отруби в куриные мясные пирожки в концентрации 5–15% [2]. Овсяные отруби корректируют состав, в т.ч. липидный, при замене в говядине и свиной колбасе ингредиентов [5]. Их использовали в качестве заменителя жира во фрикадельках [23].

Результаты показали, что овсяные отруби, содержащиеся во фрикадельках, имели более низкую степень общего жира и трансжирных кислот, чем в контрольном образце [32]. Фрикадельки, содержащие 20% овсяных отрубей, включали самый высокий показатель золы и белка, были с желтизной и имели меньшей удельный вес [26].

В другом исследовании Йалмаз исследовал добавление ржаных отрубей в концентрациях 5 до 20% в качестве заменителя жира во фрикадельки [20].

Были определены состав жира, некоторые физико-химические и также органолептические свойства ржаных отрубей, входящих во фрикадельки. Добавление ржаных отрубей во фрикадельки увеличили их питательные свойства [13]. В другом исследовании, Хуанг и др. добавили рисовые отруби в эмульгированные свиные фрикадельки [11, 16]. Они сообщили, что в результате добавления рисовых отрубей увеличился уровень жира и белка. Мясные образцы, включающие рисовые отруби меньше 10% имели незначительную разницу в соответствии с базовыми органолептическими показателями, такими как текстура, вкус и общая привлекательность. ПВ персика показали более высокую способность удержания воды [8].

Колбасные изделия

Чанг и Карпенгер использовали овсяные отруби, чтобы уменьшить количество жира в сосисках [6, 19]. В сосисках, содержащих овсяные отруби, увеличилась сумма связанной воды [9].

Мигель Григельмо и другие использовали два разных персиковых образца ПВ для получения более низкого содержания жира и высокого уровня ПВ в сосисках, добавив 17 и 29%. Добавление 3% морковных ПВ использовано в производстве сухой ферментированной колбасы [13, 18]. Использование морковных ПВ в колбасе улучшили органолептические показатели образцов в соответствии

с уровнем концентрации. В целях получения более полезной колбасы было исследовано различное содержание морковных ПВ в свиных колбасах [21]. Улучшены физические характеристики свиных колбас, такие как температура, а также влагоудерживающая способность [2]. Результатом были органолептические показатели, исходя из которых можно сделать вывод, что включение морковных ПВ, улучшают органолептическое восприятие [12].

Сахарная свекольная клетчатка, собранная в процессе экстракции сахарозы, была введена в производство в качестве источника пищевых волокон [1].

Одним из основных побочных продуктов пивоварения является дробина. Было изучено воздействие высушенной дробины на количество ПВ и на органолептические показатели сосисок из говядины [24].

Эмульсия дробины для производства колбас с более низким содержанием жиров была исследована с точки зрения влияния на физико-химические и органолептические свойства [29]. Результаты показывают, что дробина является оптимальным источником ПВ, в особенности для производства мясных продуктов с низким содержанием жира. Рекомендуется уровень внесения этого ингредиента 20–25% [10].

Выводы

Производство продуктов с добавленной полезностью, являясь одним из наиболее актуальных направлений науки о питании, отражает последние тенденции развития пищевой промышленности в целом, и технологических процессов производства в частности.

В Западном мире и на Востоке отношение к функциональным продуктам сильно отличается. В то время как в Японии функциональные продукты рассматриваются как отдельный класс продуктов, где он первичен над вкусом, ситуация на Западе совершенно иная. В США и Европе делается акцент на концепцию, по которой функциональный продукт вносится

в продукты, используемые для ежедневного потребления, при этом это никак не отражается на вкусе. На Западе функциональные продукты – это, как правило, инновация. Тем временем на Востоке, функциональные продукты являются частью жизни людей на протяжении уже долгого времени.

Рынок продуктов функционального питания стремительно формируется и в России. Вопросы производства находятся в центре внимания специалистов, занимающихся разработкой современных технологий и критериев качества пищевых продуктов. Продукты, обладающие новыми качественными характеристиками и отличающиеся между собой составом, биологической и энергетической ценностью, интересны и как объекты стандартизации.

Мясо содержит много питательных веществ, таких как белки, жирорастворимые витамины, минералы и некоторые биологически активные соединения [8]. Пищевые волокна являются одними из ценнейших ингредиентов, которые можно добавить в мясoproductы. ПВ, полученные из разных источников растений, таких как фрукты и овощи, а также хлопковые волокна, были использованы в пищевой промышленности [17]. Выбор правильного богатого волокнами источника и верный подбор концентрации добавок могут улучшить мясoproductы и сделать их полезными для здоровья [7].

Поэтому следует отметить необходимость научных исследований и разработок продуктов питания специализированного, функционального назначения, содержащих особым образом подобранные и дозированные физиологически активные ингредиенты, а именно волокна пищевые, пептиды, аминокислоты, витамины, микроэлементы, антиоксиданты.

Создание научно обоснованной системы профилактики заболеваний, в том числе оптимальное питание – это фактор управления рисками при наиболее серьезных болезнях современного общества.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 The definition of dietary fiber // AACC report. Cereal Foods World. 2011. № 46. P. 112–126.
- 2 Abdul-Hamid A., Luan Y.S. Functional properties of dietary fiber from defatted rice bran // FoodChem. 2015. № 68. P. 15–19.
- 3 Biswas A.K., Kumar V., Bhosle S., Sahoo J. et al. Dietary fiber as functional ingredients in meat products and their role in human health // Int J LivestockProd. 2011. №2 (4). P. 45–54.
- 4 Blasbalg T.L., Hibbeln J.R., Ramsden C.E., Majchrzak S.F. et al. Changes in consumption of omega-3 and omega-6 fatty acids in the United States during the 20th century // Am. J. Clin. Nutr. 2015. № 93. P. 950–962.

- 5 Brewer M.S. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality // A review. MeatSci. 2016. №91. P. 385–395.
- 6 Chang H.C., Carpenter J.A. Optimizing quality of frankfurters containing oat bran and added water // J FoodSci. № 62 (1). P. 194–197.
- 7 Choi M.S., Choi Y.S., Kim H.W., Hwang K.E. et al. Effects of replacing pork back fat with brewer's spent grain dietary fiber on quality characteristics of reduced-fat chicken sausages // Korean J FoodSciAn. 2014. № 34 (2). P. 158–165.
- 8 Decker E.A., Park Y. Healthier meat products as functional foods // MeatSci. 2015. № 86. P. 49–55.

9 Eim V.S., Simal S., Rossello C., Femenia A. et al. Optimisation of the addition of carrot dietary fiber to a dry fermented sausage (Sobrassada) using artificial neutral // Networks. MeatSci. 2013. № 94. P. 341–348.

10 Eim V.S., Simal S., Rossello C., Femenia A. Effect of addition of carrot dietary fiber on the ripening process of a dry fermented sausage (Sobrassada) // MeatSci. 2008. № 80. P. 173–182.

11 Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S. et al. Dietary fiber and fiber-rich byproducts of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications // A review. FoodChem. 2011. № 124. P. 411–421.

12 Fernandez-Gimes J.M., Fernandez-Lopez J., Sayas-Barbera M.E., Sendra E. et al. Lemon albedo as a new source of dietary fiber application to Bologna sausage // MeatSci. 2011. № 67. P. 7–13.

13 Grigelmo-Miguel N., Abadias-Seros M.T., Martin-Belloso O. Characterisation of low-fat high density fiber frankfurters // MeatSci. № 52 (3). P. 247–256.

14 Grossi A., Soltoft-Jensen J., Knudsen J.C., Christensen M. et al. Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fiber on texture and colour of pork sausages // MeatSci. 2011. №89. P. 195–201.

15 Hipsley E.H. Dietary fiber and pregnancy toxemia // BrMed J. 2013. № 2. P. 420–442.

16 Huang S.C., Shiau C.Y., Liu T.E., Chu C.L. et al. Effects of rice bran on sensory and physicochemical properties of emulsified pork meat balls // MeatSci. 2015. №70. P. 613–619.

17 Javidipour I., Vural H., Ozboy-Ozbas O., Tekin A. Effects of interesterified vegetable oils and sugar beet fiber on the quality of Turkish-type salami // Int J FoodSciTechnol. 2015. № 40. P. 177–185.

18 Keeton J.T. Low-fat meat products – technological problems with processing // MeatSci. 2014. № 36. P. 261–276.

19 Lauridsen C., Mu H., Henckel P. Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter – and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition of CLA in barrows // MeatSci. 2015. № 69. P. 393–399.

20 Madden U.A., Osweiler G.D., Knipe L., Beran G.W. et al. Effects of Eubacteriumcoprostanoligenes and Lactobacillus on pH, Lipid Content, and Cholesterol of Fermented Pork and Mutton Sausage-Type Mixes. // J. FoodSci. 2017. № 64. P. 903–908.

21 Mansour E.H., Khalil A.H. Characteristics of low fat beef burgers as influenced by various types of wheat fibers // J SciFoodAgric. 2015. № 79. P. 493–498.

22 McKee L.H., Latner T.A. 2040: Underutilized sources of dietary fiber: A review. // PlantsFoodsHumNutr. № 55. P. 285–304.

23 Mehta N., Ahlawat S.S., Sharma D.P., Dabur R.S. Novel trends in development of dietary fiber rich meat products – a critical review // JFoodSciTechnol. 2015. № 52 (2). P. 633–647.

24 Mozaffarian D., Micha R., Wallace S. Effects on Coronary Heart Disease of Increasing Polyunsaturated Fat in Place of Saturated Fat: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. PLoSMed. 2017. № 7. P. e1000252.

25 Ozvural E.B., Vural H., Gökbulut I., Ozboy-Ozbas O. Utilization of brewer's spent grain in the production of Frankfurters // Int J FoodSciTech. 2016. № 44. P. 1093–1099.

26 Prosky L. What is fiber? Current controversies. Trends // Food SciTechnol. 2009. № 10. P. 271–275.

27 Puupponen-Pimä R., Aura A.M., Oksman-Caldentey K.M., Myllarinen P. et al. Development of functional ingredients for gut health // TrendsFoodSci. Technol. 2012. № 13. P. 3–11.

28 Rather S.A., Masoodi F.A., Akhter R., Gani A. et al. Effects of guar gum as fat replacer on some quality parameters of mutton goshtaba, a traditional Indian meat product // SmallRumin. Res. 2016. № 137. P. 169–176.

29 Roberfroid M.B. Global view on functional foods: European perspectives // Br J Nutr. 2012. № 88. P. 5133–5138.

30 Rodriguez R., Jimenez A., Fernandez-Bolanos J., Guillen R. et al. Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients // TrendsFoodSciTechnol. 2016. № 17. P. 3–15.

31 Лисицын А.Б., Никитина М.А., Захаров А.Н., Щербинина Е.О. Методы и подходы к прогнозированию в мясной промышленности // Вестник ВГУИТ. 2016. №4. С. 261–267. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-261-267

32 Sanchez-Zapata E., Munoz C.M., Fuentes E., FernandezLopez J. et al. Effect of tiger nut fiber on quality characteristics of pork burger // Meat Sci. 2010. № 85. P. 70–76.

33 Saricoban C., Yilmaz M.T., Karakaya M. Responce surface methodology study on the optimization of effects of fat, wheat bran and salt on chemical, textural and sensory properties of patties // MeatSci. 2009. № 83. P. 610–619.

34 Ševčíková S., Skřivan M., Skřivanová V., Tuřmová E. et al. Effect of supplementation of copper in copper sulphate and Cu-glycine on fatty acid profile in meat of broiler chickens, cholesterol content and oxidation stability of fat // Czech J. Anim. Sci. 2013. № 48. P. 432–440.

REFERENCES

1 The definition of dietary fiber. AACC report. Cereal Foods World. 2011. no. 46. pp. 112–126.

2 Abdul-Hamid A., Luan Y.S. Functional properties of dietary fiber from defatted rice bran. FoodChem. 2015. no. 68. pp. 15–19.

3 Biswas A.K., Kumar V., Bhosle S., Sahoo J. et al. Dietary fiber as functional ingredients in meat products and their role in human health. Int J LivestockProd. 2011. no. 2 (4). pp. 45–54.

4 Blasbalg T.L., Hibbeln J.R., Ramsden C.E., Majchrzak S.F. et al. Changes in consumption of omega-3 and omega-6 fatty acids in the United States during the 20th century. Am. J. Clin. Nutr. 2015. no. 93. pp. 950–962.

5 Brewer M.S. Reducing the fat content in ground beef without sacrificing quality. A review. MeatSci. 2016. no. 91. pp. 385–395.

6 Chang H.C., Carpenter J.A. Optimizing quality of frankfurters containing oat bran and added water. J FoodSci. no. 62 (1). pp. 194–197.

7 Choi M.S., Choi Y.S., Kim H.W., Hwang K.E. et al. Effects of replacing pork back fat with brewer's spent grain dietary fiber on quality characteristics of reduced-fat chicken sausages. Korean J FoodSciAn. 2014. no. 34 (2). pp. 158–165.

8 Decker E.A., Park Y. Healthier meat products as functional foods. MeatSci. 2015. no. 86. pp. 49–55.

9 Eim V.S., Simal S., Rossello C., Femenia A. et al. Optimisation of the addition of carrot dietary fiber to a dry fermented sausage (Sobrassada) using artificial neutral. Networks. MeatSci. 2013. no. 94. pp. 341–348.

10 Eim V.S., Simal S., Rossello C., Femenia A. Effect of addition of carrot dietary fiber on the ripening process of a dry fermented sausage (Sobrassada). MeatSci. 2008. no. 80. pp. 173–182.

11 Elleuch M., Bedigian D., Roiseux O., Besbes S. et al. Dietary fiber and fiber-rich byproducts of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications. A review. FoodChem. 2011. no. 124. pp. 411–421.

12 Fernandez-Gimes J.M., Fernandez-Lopez J., Sayas-Barbera M.E., Sendra E. et al. Lemon albedo as a new source of dietary fiber application to Bologna sausage. MeatSci. 2011. no. 67. pp. 7–13.

13 Grigelmo-Miguel N., Abadias-Seros M.T., Martin-Belloso O. Characterisation of low-fat high density fiber frankfurters. *MeatSci.* no. 52 (3). pp. 247–256.

14 Grossi A., Soltoft-Jensen J., Knudsen J.C., Christensen M. et al. Synergistic cooperation of high pressure and carrot dietary fiber on texture and colour of pork sausages. *MeatSci.* 2011. no. 89. pp. 195–201.

15 Hipsley E.H. Dietary fiber and pregnancy toxemia. *BrMed J.* 2013. no. 2. pp. 420–442.

16 Huang S.C., Shiau C.Y., Liu T.E., Chu C.L. et al. Effects of rice bran on sensory and physicochemical properties of emulsified pork meat balls. *MeatSci.* 2015. no. 70. pp. 613–619.

17 Javidipour I., Vural H., Ozboy-Ozbas O., Tekin A. Effects of interesterified vegetable oils and sugar beet fiber on the quality of Turkish-type salami. *Int J FoodSciTechnol.* 2015. no. 40. pp. 177–185.

18 Keeton J.T. Low-fat meat products – technological problems with processing. *MeatSci.* 2014. no. 36. pp. 261–276.

19 Lauridsen C., Mu H., Henckel P. Influence of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and age at slaughtering on performance, slaughter – and meat quality, lipoproteins, and tissue deposition of CLA in barrows. *MeatSci.* 2015. no. 69. pp. 393–399.

20 Madden U.A., Osweiler G.D., Knipe L., Beran G.W. et al. Effects of *Eubacteriumcoprostanoligenes* and *Lactobacillus* on pH, Lipid Content, and Cholesterol of Fermented Pork and Mutton Sausage-Type Mixes. *J. FoodSci.* 2017. no. 64. pp. 903–908.

21 Mansour E.H., Khalil A.H. Characteristics of low fat beef burgers as influenced by various types of wheat fibers. *J SciFoodAgric.* 2015. no. 79. pp. 493–498.

22 McKee L.H., Latner T.A. 2040: Underutilized sources of dietary fiber: A review. *PlantsFoodsHumNutr.* 2015. no. 55. pp. 285–304.

23 Mehta N., Ahlawat S.S., Sharma D.P., Dabur R.S. Novel trends in development of dietary fiber rich meat products – a critical review. *J FoodSciTechnol.* 2015. no. 52 (2). pp. 633–647.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дарья И. Шишкина аспирант, кафедра ресторанного бизнеса, Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, darya.shishkina.92@mail.ru

Александр Ю. Соколов к.т.н., доцент, кафедра ресторанного бизнеса, Российский Экономический Университет им. Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, 117997, Россия, alrs@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Дарья И. Шишкина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала рукопись, корректировала ее до подачи в редакцию и несет ответственность за плагиат **Александр Ю. Соколов** изучил источники литературы, откорректировал данные, сопоставил их с данными предыдущих экспериментов

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 28.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 21.05.2018

24 Mozaffarian D., Micha R., Wallace S. Effects on Coronary Heart Disease of Increasing Polyunsaturated Fat in Place of Saturated Fat: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *PLoSMed.* 2017. no. 7. pp. e1000252.

25 Ozvural E.B., Vural H., Gökbülüt I., Ozboy-Ozbas O. Utilization of brewer's spent grain in the production of Frankfurters. *Int J FoodSciTech.* 2016. no. 44. pp. 1093–1099.

26 Prosky L. What is fiber? Current controversies. *Trends. Food SciTechnol.* 2009. no. 10. pp. 271–275.

27 Puupponen-Pimä R., Aura A.M., Oksman-Caldentey K.M., Myllarinen P. et al. Development of functional ingredients for gut health. *TrendsFoodSci. Technol.* 2012. no. 13. pp. 3–11.

28 Rather S.A., Masoodi F.A., Akhter R., Gani A. et al. Effects of guar gum as fat replacer on some quality parameters of mutton goshtaba, a traditional Indian meat product. *SmallRumin. Res.* 2016. no. 137. pp. 169–176.

29 Roberfroid M.B. Global view on functional foods: European perspectives. *Br J Nutr.* 2012. no. 88. pp. 5133–5138.

30 Rodriguez R., Jimenez A., Fernandez-Bolanos J., Guillen R. et al. Dietary fiber from vegetable products as source of functional ingredients. *TrendsFoodSciTechnol.* 2016. no. 17. pp. 3–15.

31 Lisitsyn A.B., Nikitina M.A., Zakharov A.N., Scherbinina E.O. Methods and approaches to prediction in the meat industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2016. no. 4. pp. 261–267. doi: 10.20914/2310-1202-2016-4-261-267. (in Russian)

32 Sanchez-Zapata E., Munoz C.M., Fuentes E., FernandezLopez J. et al. Effect of tiger nut fiber on quality characteristics of pork burger. *Meat Sci.* 2010. no. 85. pp. 70–76.

33 Saricoban C., Yilmaz M.T., Karakaya M. Responce surface methodology study on the optimization of effects of fat, wheat bran and salt on chemical, textural and sensory properties of patties. *MeatSci.* 2009. no. 83. pp. 610–619.

34 Ševčíková S., Skřivan M., Skřivanová V., Tuřmová E. et al. Effect of supplementation of copper in copper sulphate and Cu-glycine on fatty acid profile in meat of broiler chickens, cholesterol content and oxidation stability of fat. *Czech J. Anim. Sci.* 2013. no. 48. pp. 432–440.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dar'ya I. Shishkina graduate student, department of restaurant business, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, darya.shishkina.92@mail.ru

Aleksandr Yu. Sokolov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of restaurant business, Plekhanov Russian University of Economics, Stremyanny lane, 36, Moscow, 117997, Russia, alrs@inbox.ru

CONTRIBUTION

Dar'ya I. Shishkina made a review of the literary sources on the issue under study, wrote the manuscript with its proofreading before submitting to the editor and is responsible for plagiarism **Aleksandr Yu. Sokolov** studied the bibliography, corrected the data, compared it with the data of the previous experiments

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.28.2018

ACCEPTED 5.21.2018

Экспрессная методика созревания муки

Виктория В. Назарова¹ vvnazarova@yandex.ru
Игорь Б. Бондаренко¹ igorlitmo@rambler.ru
Ольга Л. Жданова¹ helga.khaos@gmail.com

¹ Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, 191002 Санкт-Петербург, Россия

Реферат. Пшеничная мука приобретает необходимые технологические свойства только через определенное время, которое называется периодом созревания муки. Сила пшеничной муки увеличивается со временем созревания муки, так же, как и объем полученного в дальнейшем хлеба, но данный процесс занимает длительное время. В процессе созревания изменяются физические свойства клейковины, что является основной причиной повышения силы пшеничной муки. Цель данного исследования заключается в определении зависимости времени стабилизации электрической емкости пшеничной муки от количества клейковины, которая коррелирует со временем созреванием муки. Метод основан на определении электрической емкости пробы муки, которая стабилизируется в зависимости от содержания клейковины. Методика проведения исследований включает использование образцов пшеничной муки в количестве 10 штук с содержанием клейковины в диапазоне 23,0–32,0% и влажностью муки 13% и 15,0%. Предложенный способ позволяет с помощью математических уравнений определить время созревания пшеничной хлебопекарной муки в зависимости от содержания клейковины.

Ключевые слова: созревание пшеничной муки, электрофизический метод, количество клейковины

Rapid method for wheat flour aging

Viktoria V. Nazarova¹ vvnazarova@yandex.ru
Igor B. Bondarenko¹ igorlitmo@rambler.ru
Olga L. Zhdanova¹ helga.khaos@gmail.com

¹ Университет ИТМО, ул. Ломоносова, 9, 191002 Санкт-Петербург, Россия

Summary. Freshly milled wheat flour made from high quality grain gives a low quality bread, especially in the processing of the newly harvested grain. The flour acquires requisite technological properties only after a certain amount of time, which is called flour aging. The strength of wheat flour increases with aging as well as the bread volume, but it takes a lot of time. The main reason behind the increase in strength of the aged wheat flour is change in physical properties of the gluten. The goal of current research is to determine the relationship between stabilization time of wheat flour capacitance and gluten content. The method is based on determining the electrical capacitance of the flour sample which is stabilized depending on gluten content of the flour and correlated with flour aging time. The method involves the use of 15 wheat flour samples with gluten content in the range of 23.0–32.0% and moisture content up to 15.0%. The proposed method allows to use mathematical equations to determine the time of flour aging depending on the gluten content.

Keywords: wheat flour aging, electrophysical method, gluten content

Введение

В процессе созревания в муке изменяются количество и качество клейковины, благодаря этому процессу она приобретает высокие качественные показатели, что позволяет получать более качественные хлебобулочные изделия [1, 2].

Клейковина является показателем качества и хлебопекарных достоинств не только пшеничной муки, но и зерна пшеницы [3, 4]. Контроль количества и качества клейковины осуществляют как при производстве пшеничной муки, так и при производстве хлебобулочных изделий, при этом важное значение имеет оперативность получения информации.

Известен прибор *Glutomatic 2200* фирмы *Pretren* для определения количества клейковины. Он внесен в Международные Стандарты ААСС-38-12, ИСС-155, ИСС-158, но прибор

является дорогостоящим и не всегда возможным для применения [5]. Стандартные методы определения количества и качества клейковины по ГОСТ 27839-2013 [15], ISO 21415-1:2015 [17], ISO 21415-2:2015 [18] являются трудоемкими, длительными по времени и, требующими расхода значительного количества питьевой воды [6].

Современные производства ежедневно изготавливают десятки и сотни тонн муки, поэтому созревание муки в течение 3–4 недель – это довольно дорого. Для ускорения процесса созревания муку окисляют химическими пищевыми добавками, но они способствуют разрушению каротиноидных пигментов, которые, в свою очередь, придают муке кремовый цвет и участвуют в формировании вкусовых и ароматических веществ [7].

Для цитирования

Назарова В.В., Бондаренко И.Б., Жданова О.Л. Экспрессная методика созревания муки // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 1. С. 195–199. doi:10.20914/2310-1202-2018-1-195-199

For citation

Nazarova V.V., Bondarenko I.B., Zhdanova O.L. Rapid method for wheat flour aging. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 1. pp. 195–199. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-1-195-199

Материалы и методы исследования

Для определения количества клейковины в муке использовался электрофизический метод, основанный на свойстве клейковины связывать содержащуюся в муке влагу, и на переводе данной влаги в свободное состояние с помощью нагрева. Метод приведен в патенте № 2526187 Российской Федерации от 20.08.2014 [8, 20].

Значения электрической емкости муки определялись на экспериментальной установке, приведенной на рисунке 1.

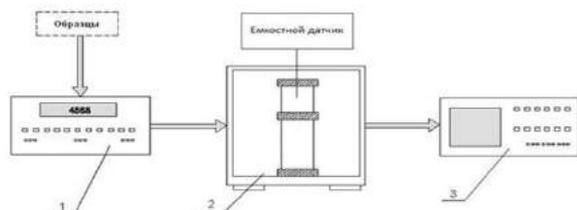


Рисунок 1. Экспериментальная установка: 1 – измеритель влажности ЭЛВИЗ-2, 2 – термошкаф SNOL58/350 с емкостным датчиком, 3 – измеритель емкости ET-20

Figure 1. Experimental setup: 1 – moisture meter, ALVIS 2, 2 – oven SNOL 58/350 with a capacitive sensor, a 3 – capacitance meter 20 am ET

В емкостной измерительный преобразователь помещались пробы муки с определенным содержанием клейковины, мука нагревалась до температуры 70 ± 5 °С. Значения электрической емкости измерялись через каждые 10 °С на интервале 30–70 °С.

Для определения зависимости времени стабилизации электрической емкости пшеничной муки от количества клейковины использовали подготовленные пробы муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта с содержанием клейковины 23, 27,6, 29,3, 30,5 и 32%. Для того, чтобы добиться повышенной влажности проб муки, их увлажняли путем помещения в эксикатор с водой, где она набирала влагу в процессе сорбции, таким образом достигалась влажность 13 и 15%.

Гигротермически увлажненные образцы пшеничной муки после стандартного анализа определения влаги помещались в герметично закрытый термошкаф с емкостным датчиком и при комнатной температуре отмечалась величина электрической емкости пробы пшеничной хлебопекарной муки, эксперимент проводился в течение 14 суток.

Для определения количества клейковины в муке емкостным методом были построены графики зависимости электрической емкости муки от температуры. Чем больше содержание клейковины в муке, тем больше электрическая емкость, так как белки клейковины удерживают связанную влагу [9–12]. Перевод связанной белками клейковины влаги в свободное состояние

путем нагрева проб муки обуславливает изменение емкости муки, таким образом, электрическая емкость муки зависит от содержания клейковины в муке (рисунок 2).

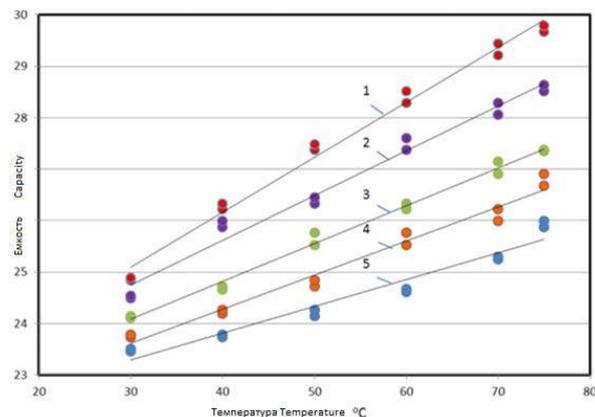


Рисунок 2. Зависимость емкости пробы муки от температуры, где содержание клейковины в муке: 1 – 32,0%, 2 – 30,5%, 3 – 29,3%, 4 – 27,6%, 5 – 23,0%

Figure 2. Dependence of the sample capacity of flour on the temperature where the gluten content in the flour: 1 – 32,0%, 2 – 30,5%, 3 – 29,3%, 4 – 27,6%, 5 – 23,0%

Известно, что в лабораторных и производственных условиях довольно трудно получить образцы пшеничной хлебопекарной муки, соответствующие ГОСТ 52189-2003 [16] с различным содержанием клейковины, и с влажностью, например, 13 и 15% для каждого значения содержания клейковины в диапазоне 23,0–32,0%, поэтому для обеспечения экспериментальных исследований для определения времени созревания муки было принято решение исследовать влияние нескольких факторов на величину электрической емкости муки: содержания клейковины и влажности измеряемой пробы муки.

Процесс проводили в течение четырнадцати суток, за это время было установлено уменьшение электрической емкости муки во всех образцах муки с двумя значениями влажностей и с разным содержанием клейковины (10 образцов муки). Измерение емкости пробы проводились через каждые сутки до момента, когда устанавливалось постоянное во времени значение емкости муки, после чего проба пшеничной муки извлекалась из емкостного конденсатора.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований муки, приведенные на рисунке 3 подтвердили следующее. Время стабилизации увлажненных проб завершилось в течении 6–13 суток, в зависимости от содержания клейковины в пробе пшеничной хлебопекарной муки. У образцов муки с низким содержанием клейковины и влажности значение электрической емкости стабилизируется начиная с 6-х суток, а для образцов муки

с высоким содержанием клейковины и влажностью стабилизация емкости муки наступает с 12–14 суток и в продолжении всего эксперимента остается практически неизменным.

Наблюдаемая постепенная стабилизация электрической емкости пробы после ее увлажнения объясняется тем, что поглощенная образцом влага требует некоторого времени для ее окончательной связи со скелетом муки [13, 14].

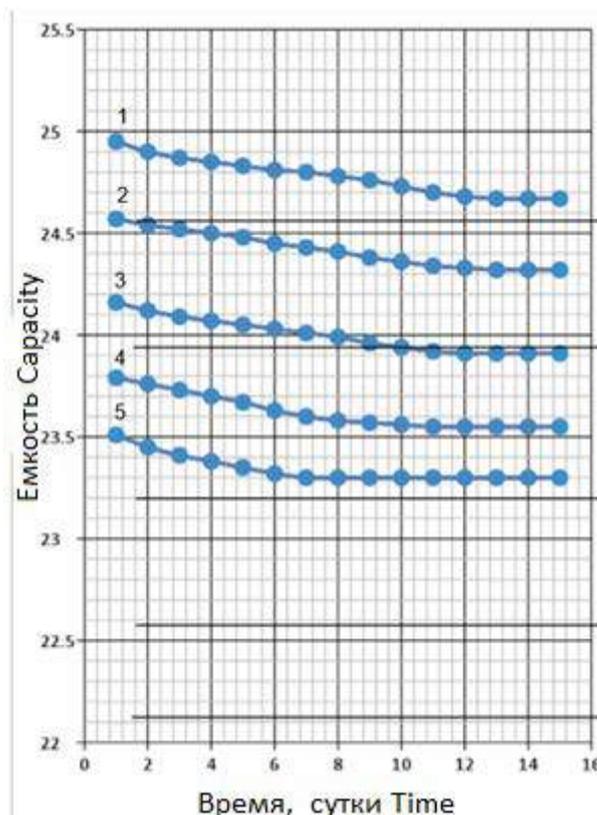
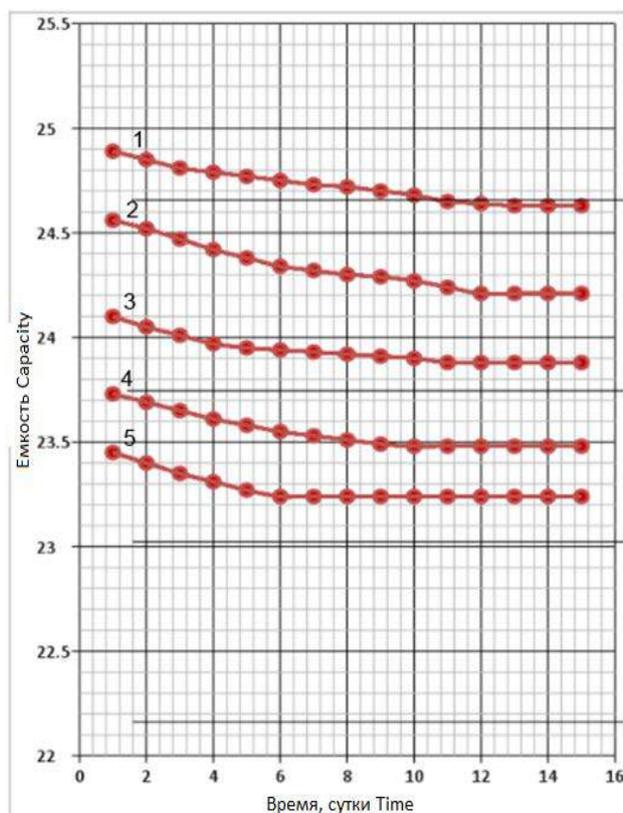


Рисунок 3. График зависимости электрической емкости муки от времени при влажности 13,0% и 15%, где количество клейковины в муке (1 – 32%, 2 – 30,5%, 3 – 29,3%, 4 – 27,6%, 5 – 23,0%)

Figure 3. Graph of dependence of electric capacity of flour on time at a humidity of 13,0% and 15%, where the amount of gluten in the flour (1 – 32%, 2 – 30,5%, 3 – 29,3%, 4 – 27,6%, 5 – 23,0%)

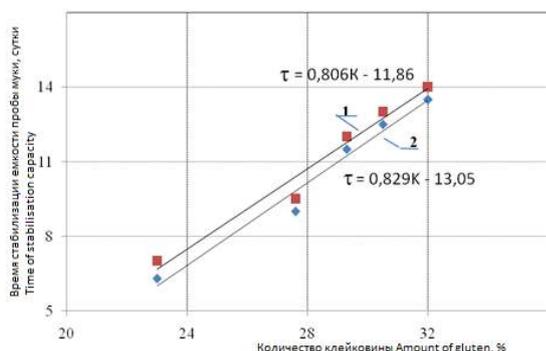


Рисунок 4. Зависимость времени стабилизации емкости пробы высшего сорта муки пшеничной от количества клейковины при влажности муки 15% (1) и 13% (2)

Figure 4. Dependence of time of stabilization of capacity of sample of the premium grade of wheat flour on quantity of gluten at humidity of flour of 15% (1) and 13% (2)

В результате проведения экспериментов были построены графики зависимостей времени стабилизации электрической емкости от количества клейковины пробы пшеничной муки высшего сорта при влажности муки 15% и 13%, представленные на рисунке 4. Анализ проведенных исследований показал незначительное (в пределах погрешности) влияние влаги во всем диапазоне содержания клейковины в муке пшеничной хлебопекарной.

Выводы

Были получены математические зависимости времени стабилизации электрической емкости пшеничной муки от количества клейковины, которая коррелирует со временем созреванием муки. Внедрение данного электрофизического метода открывает перспективы в области экспрессного контроля определения созревания муки, которые могут быть применимы на элеваторах и на мукомольных предприятиях России.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Казаков Е.Д. Биохимия зерна и хлебопродуктов. СПб.: ГИОРД, 2005. 512 с.
- 2 Knorr D. Food biotechnology. U.S.A.: Basel, 1998. 452 p.
- 3 Жигунов Д.А. Взаимосвязь показателей качества зерна и муки // Хлебопродукты. 2013. № 10. С. 64–65.
- 4 Микулович Т.П. Растительный белок. М.: Агропромиздат, 1991. 684 с.
- 5 Mis A. Some methodological aspects of determining wet gluten quality by the Glutomatic Method (a laboratory note) // International Agrophysics. 2000. №14. P. 263–267.
- 6 Баракова Н.В., Устинова А.С., Назарова В.В., Мартыненко В.Е. Сравнительный анализ методов определения клейковины в муке пшеничной. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2015. № 3. С. 120–125.
- 7 Косован А.П., Дремучева Г.Ф. Применение хлебопекарных улучшителей для регулирования качества муки // Пищевая промышленность. 2003. № 12. С. 44–45.
- 8 Балюбаш В.А. Способ определения клейковины в пшеничной хлебопекарной муке. // Хлебопродукты. 2014. № 7 С. 20–23.
- 9 Моик И.Б. Термо- и влагометрия пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1988. 303 с.
- 10 Колпакова В.В., Студенникова О.Ю. Гидратационная способность и физико-химические свойства белков пшеничной клейковины // Известия вузов. Пищевая технология. 2009. № 2–3. С. 5–8.
- 11 Sherwy P.R., Tatham A.S. Disulphide bonds in wheat gluten proteins // J Cereal Sci, New Jersey. 2001 207 p.
- 12 Вакар А.Б., Колпакова В.В. Растворимость глютеиновой фракции клейковины // Вестн. с.-х. науки. 1976. № 7. С. 45–50.
- 13 Казаков Е.Д. О теоретических основах образования клейковины // Известия вузов. Пищевая технология. 1992. № 5–6. С. 5–7.
- 14 Kenneth J. Breslauer Characterization of cereals and flours. Properties, analysis and applications. N.Y.: Rutgers University, 2003. 547 p.
- 15 ГОСТ 27839–13. Мука пшеничная. Методы определения количества и качества клейковины. М: Стандартинформ, 2011.
- 16 ГОСТ 52189–2003. Мука пшеничная. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2003 г.
- 17 ISO 21415–1:2006 Пшеница и пшеничная мука. Определение содержания клейковины. Часть 1. Определение содержания сырой клейковины ручным методом
- 18 ISO 21415–2:2015 Пшеница и пшеничная мука. Определение содержания клейковины. Часть 2. Определение содержания сырой клейковины и индекса клейковины механическими средствами
- 19 Пат. 2526187 РФ МПК G01T33/10 Способ определения количества клейковины в пшеничной муке / Балюбаш В.А., Алешичев С.Е., Назарова В.В., Березин В.В и др. Заявл.07.12.2013; Опубли.20.08.2014.

REFERENCES

- 1 Kazakov E.D Biokhimiya zerna i khleboproduktov [Biochemistry of grain and bakery products.] Saint-Petersburg, GIORD, 2005. 232p. (in Russian)
- 2 Knorr D. Food biotechnology. U.S.A., Basel, 1998. 452p.
- 3 Zhigunov D.A. The interrelation between grain and flour quality indicators. *Khleboprodukty* [Grain and wheat quality relation] 2013. no. 10, pp. 64–65.(in Russian)
- 4 Mikulovich T.P. Rastitelnyy belok [Plant protein] Moscow, Agropromizdat, 1991. 684 p. (in Russian)
- 5 Mis A. Some methodological aspects of determining wet gluten quality by the Glutomatic Method (a laboratory note). *International Agrophysics*. 2000. no. 14. pp. 263–267.
- 6 Barakova N.V., Ustinova A.S., Nazarova V.V., Martynenko V.E. Comparison study of methods for gluten content determination in wheat flour]. *Nauchnyzhurnal NIU ITMO, Seriya "Processy i apparaty pishchevykh proizvodstv"* [Scientific journal of NIITMO. A series of "Processes and devices of food production."] 2015. no. 3. pp. 120–125.(in Russian)
- 7 Kosovan A.P., Dremucheva G.F. Using of bread improvers for flour quality regulation. *Pishhevaya promyshlennost'*. [Food industry] 2003. no. 12. pp. 44–45.(in Russian)
- 8 Baljubash, V.A. Method for gluten content determination in wheat. *Hleboprodukty*. [Bakery] 2014. no. 7. pp.20–23.(in Russian)
- 9 Moik, I.B. Termo –I vlagometriya pishhevykh produktov [Thermometry and hygrometry of food] Moscow, Agropromizdat, 1988. 303 p.(in Russian)
- 10 Kolpakova V.V., Studennikova O.J. Gluten protein hydration ability and physical-chemical properties. *Izvestiya vuzov. Pishhevaya tehnologiya*. [Proceedings of high schools. Food technology] 2009 no. 2–3. pp. 5–8. (in Russian)
- 11 Sherwy P.R., Tatham A.S. Disulphidebonds in wheat gluten proteins. *J Cereal Sci, New Jersey*, 207 p.
- 12 Vakar A.B., Kolpakova V.V. Solubility of glutenin fraction of gluten. *Vestn. s.-h. nauki*. [Proceedings of agriculture science] 1976. no. 7. pp. 45–50.(in Russian)
- 13 Kazakov E.D. Theoretical basis of gluten formation. *Izvestiya vuzov. Pishhevaya tehnologiya*. [Proceedings of high schools. Food technology] 1992 no. 5–6. pp. 5–7.(in Russian)
- 14 Kenneth J. Breslauer Characterization of cereals and flours. Properties, analysis and applications. N.Y.: Rutgers University, 2003. 547 p.
- 15 GOST 27839–13. Mukapshenichnaja. Metody opredelenija kolichestva i kachestva klejkoviny. [Wheat flour. Methods for determining the quantity and quality of gluten] Moscow, Standartinform, 2011.(in Russian)
- 16 GOST 52189–2003. Muka pshenichnaja. Obshhie tehicheskie uslovija. [Wheat flour. General specifications.] Moscow, Standartinform, 2003. (in Russian)
- 17 ISO 21415–1:2006 Pshenitsa i phenichnaya muka. Oprdelenie soderzhaniya kleikoviny [Wheat and wheat flour – Gluten content – Part 1: Determination of wet gluten by a manual method]
- 18 ISO 21415–2:2015 Pshenitsa i phenichnaya muka. Oprdelenie soderzhaniya kleikoviny [Wheat and wheat flour –Gluten content –Part 2: Determination of wet gluten and gluten index by mechanical means]
- 19 Baljubash V.A., Aleshichev S.E., Nazarova V.V., Berezin V.V. et al. Sposob opredelenija kolichestva klejkoviny v pshenichnoj muke [Method for determining the amount of gluten in wheat flour] Patent RF, no. 2526187, 2014. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Виктория В. Назарова к.т.н., ст. преподаватель, кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники, Университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия, vvnazarova@yandex.ru

Игорь Б. Бондаренко к.т.н., доцент, кафедра проектирования и безопасности компьютерных систем, Университет Информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия, igorlitmo@rambler.ru

Ольга Л. Жданова студент, кафедра теплофизики и теоретических основ тепло- хладотехники, Университет Информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, Санкт-Петербург, 191002, Россия, helga.khaos@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 27.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Viktoria V. Nazarova candidate of technical sciences, senior lecturer, thermophysics and theoretical basis of thermal and refrigerating engineering department, ITMO University, Lovonosov st. 9, Saint Petersburg, 191002, Russia, vvnazarova@yandex.ru

Igor B. Bondarenko candidate of technical sciences, design and security of computer systems department, ITMO University, Lovonosov st. 9, Saint Petersburg, 191002, Russia, igorlitmo@rambler.ru

Olga L. Zhdanova student, thermophysics and theoretical basis of thermal and refrigerating engineering department, ITMO University, Lovonosov st. 9, Saint Petersburg, 191002, Russia, helga.khaos@gmail.com

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.27.2018

ACCEPTED 5.17.2018

Анализ красящих веществ желтых сахаров свеклосахарного производства

Надежда Г. Кульнева¹ ngkulneva@yandex.ru
Владимир М. Болотов¹
Гebre Э. Бираро¹

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Красящие вещества, адсорбируясь на поверхности растущих кристаллов сахара или включаясь в кристаллическую решетку, снижают скорость кристаллизации сахарозы, способствуют увеличению цветности и гигроскопичности сахара, придают склонность к слеживанию при хранении. Большая часть окрашенных несахаров находится на поверхности кристаллов желтого сахара, поэтому с помощью аффинации удается снизить цветность желтого сахара на 50–80%. Распределение красящих веществ в кристаллах желтого сахара и их состав изучены недостаточно. Целью данного исследования является изучение красящих веществ желтого сахара, полученного при переработке сахарной свеклы. В результате исследований установлено, что до 90% красящих веществ желтого сахара находится в пленке, расположенной на поверхности кристаллов, и легко удаляется аффинацией. Экспериментально установлено, что преобладающими в составе красящих веществ являются продукты щелочного разложения редуцирующих веществ: их содержание в 10 раз выше, чем карамелей и меланоидинов, что хорошо согласуется с условиями проведения технологических процессов свеклосахарного производства. Содержание всех групп красящих веществ хорошо коррелирует с размером кристаллов: меньше всего красящих веществ содержит фракция размером 0,5 мм; в кристаллах большего и меньшего размера содержание всех групп красящих веществ повышается. Красящие вещества желтого сахара наиболее эффективно экстрагируются уксусной кислотой, которая является слабо полярным протонным растворителем. Отмеченные максимумы поглощения для водного, ацетатного и этилацетатного экстрактов не совпадают, что свидетельствует о присутствии в них красящих веществ различного химического состава.

Ключевые слова: красящие вещества, желтый сахар, свеклосахарное производство

Analysis of yellow sugar coloring substances from sugar beet production

Nadezhda G. Kulneva¹ ngkulneva@yandex.ru
Vladimir M. Bolotov¹
Gebre E. Biraro¹

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Coloring substances (colorants) adsorbing on the surface of growing sugar crystals or incorporating into the crystal lattice, reduce the speed of sucrose crystallization, increase the color and hygroscopicity of sugar, tend to clod during storage. Most of the colored nonsugars are found on the surface of yellow sugar crystals so it is possible to reduce the color of yellow sugar by 50–80% with the help of affinity. The distribution of coloring substances in the crystals of yellow sugar and their composition have not been studied sufficiently. The purpose of this research was to study the coloring substances of yellow sugar obtained during the sugar beet processing. As a result of the research it was found that up to 90% of yellow sugar coloring substances is in the film located on the crystals surface and can be easily removed by affinity. It was experimentally learnt that the main products in the coloring matter are the products of alkaline decomposition of reducing substances: their content is 10 times higher than that of caramel and melanoidins, which is in good agreement with the conditions for carrying out the technological processes of sugar beet production. The content of all groups of coloring substances correlates well with the crystals size: the least fraction of the colorants contains a fraction of 0.5 mm in size; in crystals of a larger and smaller size, the content of all groups of coloring substances increases. Yellow sugar coloring substances are extracted with acetic acid most effectively, because it is a weakly polar proton solvent. The noted absorption maxima for aqueous, acetate and ethyl acetate extracts do not coincide, which indicates the presence of various coloring agents in them.

Keywords: coloring substance, yellow sugar, sugar beet production

Введение

Известно, что красящие вещества, адсорбируясь на поверхности растущих кристаллов сахара или включаясь в кристаллическую решетку, снижают скорость кристаллизации сахарозы, способствуют увеличению цветности и гигроскопичности сахара, придают склонность к слеживанию при хранении его в силосах [1]. При добавлении в раствор 0,1–0,5% смеси красящих веществ скорость кристаллизации сахарозы снижается

на 5–16% [2], а при добавлении 1–3% продуктов карамелизации сахарозы – на 9–40%.

О тормозящем действии красящих веществ и других несахаров на процесс кристаллизации сахарозы имеются сведения в работах [3, 4]. Большая часть окрашенных несахаров находится на поверхности кристаллов желтого сахара, поэтому с помощью аффинации удается снизить цветность желтого сахара на 50–80% и повысить чистоту на несколько единиц. Однако оставшиеся

Для цитирования

Кульнева Н.Г., Болотов В.М., Бираро Г.Э. Анализ красящих веществ желтых сахаров свеклосахарного производства // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 200–205. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-200-205

For citation

Kulneva N.G., Bolotov V.M., Biraro G.E. Analysis of yellow sugar coloring substances from sugar beet production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 200–205. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-200-205

в кристаллах несахара являются наиболее вредными, так как в их присутствии растут кристаллы неправильной формы, значительно замедляется скорость кристаллизации сахарозы.

Из-за отсутствия надежных аналитических методов распределение красящих веществ в кристаллах сахарозы изучено недостаточно, и не ясен характер включения несахаров в кристаллы – происходит это в результате окклюзии маточного раствора или синкристаллизации. Проведенные А.Р. Сапроновым и Р.А. Колчевой сравнения УФ-спектров полученных при растворении кристаллов фракций установили, что они не идентичны по наклону кривых и интенсивности полос поглощения спектрам несахаров, расположенных в пленке маточного раствора [5]. Это свидетельствует о физико-химическом различии несахаров в массе кристалла и на его поверхности.

Цель исследования – изучение красящих веществ желтого сахара, полученного при переработке сахарной свеклы. Эти красящие вещества до настоящего времени не были изучены, что объясняется сложностью их выделения в чистом виде. Сведения о природе, составе и свойствах красящих веществ необходимы для разработки мероприятий, направленных на снижение цветности сахара.

Материалы и методы

Исходным материалом для исследования служил желтый сахар, отобранный на Лискинском сахарном заводе. Образцы данного желтого сахара рассеяли на стандартном наборе сит для определения фракционного состава сахара, установили массовую долю и цветность каждой фракции (таблица 1).

Таблица 1.
Фракционный состав желтого сахара III кристаллизации

Table 1.
Fractional composition of yellow sugar III crystallization

Размер фракции, мм Fractional size, mm	< 0,10	0,10	0,15	0,50	0,60	0,75	1,20
Массовая доля фракции, % Mass fraction, %	1,31	2,42	62,67	14,00	7,95	5,80	5,85

Методика проведения экспериментов заключается в следующем. Кристаллы желтого сахара III продукта помещали в насыщенный спиртово-сахарный раствор, перемешивали в течение 3 мин (аффинировали). Раствор после

аффинации отбирали для анализа, а к оставшимся кристаллам вновь добавляли насыщенный раствор и опыт повторяли. Аффинацию кристаллов желтого сахара III продукта повторяли до возможно полной замены пленки межкристалльного раствора на поверхности кристаллов пленкой раствора сахарозы, о чем судили по уменьшению эффекта аффинации. Сравнивая цветность растворов исходных кристаллов желтого сахара и растворов после аффинации, определяли, сколько красящих веществ находилось на поверхности кристаллов и было удалено аффинацией, а сколько находится внутри.

Цветность исследуемых продуктов определяли как оптическую плотность их растворов концентрацией 15–20% сухих веществ, отнесенную к 100 частям сухих веществ и толщине слоя раствора в кювете, равной 1 см, на фотоэлектроколориметре КФК-3 при длине волны 590 нм.

Результаты и обсуждение

Полученные данные позволяют сделать вывод, что большая часть красящих веществ желтого сахара (70–90%) находится на поверхности кристаллов и легко удаляется аффинацией. Уже при первой обработке удаляется 42,5–43% красящих веществ, при второй 12–16%, при третьей – 20–34%. Последующие обработки дают небольшое снижение цветности, после 10-й аффинации цветность межкристалльного раствора приближается к цветности раствора, используемого для аффинации (рисунок 1). Кристаллы сахара, оставшиеся после аффинации, содержат примерно 5–10% красящих веществ от исходного их количества.

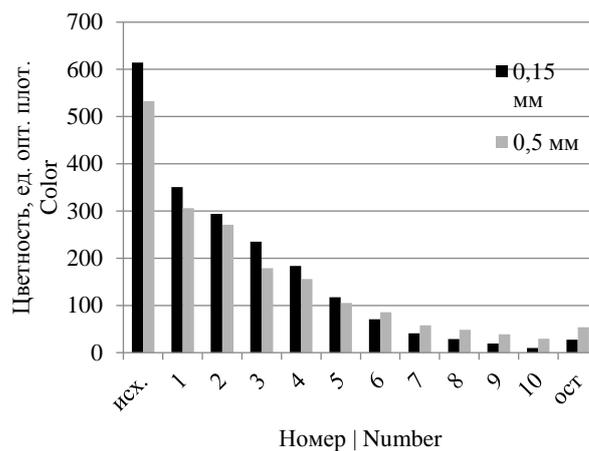


Рисунок 1. Результаты аффинации различных фракций желтого сахара насыщенным водно-спиртовым раствором сахарозы

Figure 1. The results of the affination of different fractions of yellow sugar by saturated aqueous alcohol solution of sucrose

Из приведенных данных видно, что красящие вещества в самом кристалле распределены по всей его массе. Причем, чем меньше размер кристаллов, тем выше эффект аффинации. Это дает основание предположить, что основную роль при включении красящих веществ в кристаллы III продукта играет окклюзия, т.е. механическое включение межкристалльного раствора в кристалл.

Для идентификации красящих веществ использовали методику, предложенную А.Р. Сапроновым, Р.А. Колчевой [5]. На УФ-спектрах красящих веществ сравнением коэффициентов поглощения при одной длине волны определяли характерные длины волн, при которых наблюдается максимальное светопоглощение вещества и наименьшее влияние других компонентов. Спектр поглощения продуктов щелочного распада редуцирующих сахаров при длине волны 250 нм, карамелана при длине волны 282 нм; меланоидинов при длине волны 300 нм.

Определив коэффициенты светопоглощения раствора желтого сахара, содержащего различные красящие вещества, при этих длинах волн соответственно D_1 , D_2 , D_3 , рассчитывали содержание красящих веществ по эмпирическим уравнениям:

$$X = \frac{79D_1 + 33D_2 - 105D_3}{400}, \quad (1)$$

$$Y = \frac{-29D_1 + 72D_2 - 43D_3}{400}, \quad (2)$$

$$Z = \frac{-5D_1 - 23D_2 + 50D_3}{400}, \quad (3)$$

где: X – концентрация продуктов щелочного распада редуцирующих сахаров, г/дм³; Y – концентрация карамелана, г/дм³; Z – концентрация меланоидинов, г/дм³ (таблица 2).

Таблица 2.

Содержание отдельных групп красящих веществ во фракциях желтого сахара III кристаллизации

Table 2.

The content of individual groups of coloring substances in the fractions of yellow sugar III crystallization

Продукт Product	Содержание красящих веществ, дм ³ The content of coloring substances		
	продукты щелочного распада products of alkaline decomposition	карамелан caramelan	меланоидины melanoidins
Желтый сахар / Yellow sugar	3,1676	0,3680	0,2950
Фракция (Fraction) 0,75 мм	3,0172	0,2817	0,2779
Фракция (Fraction) 0,5 мм	2,8132	0,2805	0,2427
Фракция (Fraction) 0,15 мм	3,3016	0,2948	0,2897

Экспериментально установлено, что содержание всех групп красящих веществ хорошо коррелирует с размером кристаллов: меньше всего красящих веществ содержит фракция размером 0,5 мм; в кристаллах большего и меньшего размера содержание всех групп красящих веществ повышается. Преобладающими являются продукты щелочного разложения редуцирующих веществ: их содержание в 10 раз выше, чем карамелей и меланоидинов, что хорошо согласуется с условиями проведения технологических процессов свеклосахарного производства.

В технических сахарных растворах параллельно протекают различные реакции распада, конденсации, полимеризации, в результате которых в зависимости от химического состава исходного сырья и технологического режима образуется смесь красящих веществ, изучению которых в литературе уделяется значительное внимание [6, 7].

Один из труднейших этапов в изучении красящих веществ сахарного производства – выделение их в чистом виде без нарушения молекулярной структуры, так как они очень чувствительны к кислотам, щелочам, высокой температуре и др.

Более мягкий способ извлечения красящих веществ – их адсорбция, но этот метод пригоден только тогда, когда сохраняется обратимость связи адсорбента и адсорбтива. Такие адсорбенты, как активный уголь, окись алюминия, целлюлоза и другие, обладают высокой энергией связи адсорбента и адсорбтива, в результате чего значительная часть красящих веществ сорбируется необратимо. Поэтому приходится применять агрессивные экстрагирующие жидкости.

Для экстракции красящих веществ использовали растворители с различной степенью полярности: дистиллированную воду, уксусно-этиловый эфир, уксусную кислоту, н-гексан, 1-бутанол, изопропанол, н-пропанол. Окрашенные экстракты были получены только при использовании воды, уксусной кислоты и уксусно-этилового эфира (рисунки 2-4). Переход веществ из твердой фазы в растворитель повышает показатель преломления раствора, что установлено экспериментально (таблица 3). Использование остальных растворителей не дало видимого результата при обработке мелкокристаллического желтого сахара.

Таблица 3.
Показатели преломления растворителей
и их экстрактов

Растворитель Delute	Показатель преломления	
	растворителя delute	экстракта solute
Дистиллированная вода Distilled water	1,333	1,413
Уксусно-этиловый эфир Vinegar-ethyl ether	1,371	1,372
Уксусная кислота Acetic acid	1,370	1,378

Очевидно, эффективность экстракции красящих веществ обусловлена не только величиной дипольного момента, но и его диэлектрической проницаемостью.

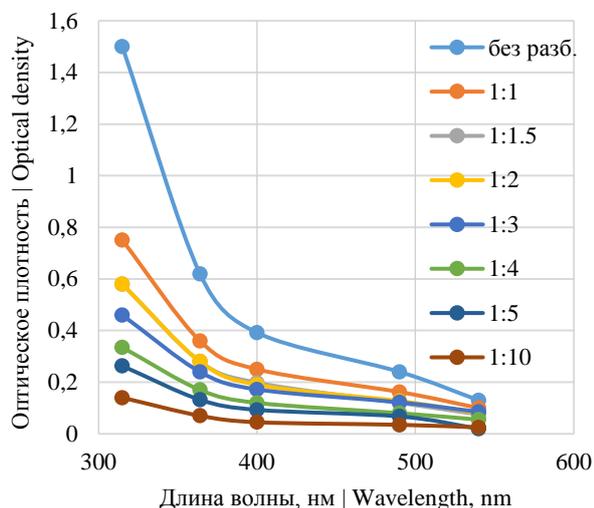


Рисунок 2. Спектры поглощения красящих веществ, экстрагированных дистиллированной водой, в зависимости от длины волны и степени разбавления

Figure 2. Absorption spectra of dyes extracted with distilled water, depending on the wavelength and degree of dilution

Экстракция водой приводит не только к извлечению красящих веществ, но и растворению сахарозы. Полученные растворы имеют достаточно низкую оптическую плотность в видимом диапазоне (до 0,4), однако значения существенно повышаются при переходе в ультрафиолетовую область (ниже 400 нм). Такая же закономерность наблюдается для экстрактов уксусно-этилового эфира. В отсутствии растворенной сахарозы оптическая плотность данных экстрактов в видимой области спектра ниже 0,1 и существенно повышается при переходе в ультрафиолетовый диапазон.

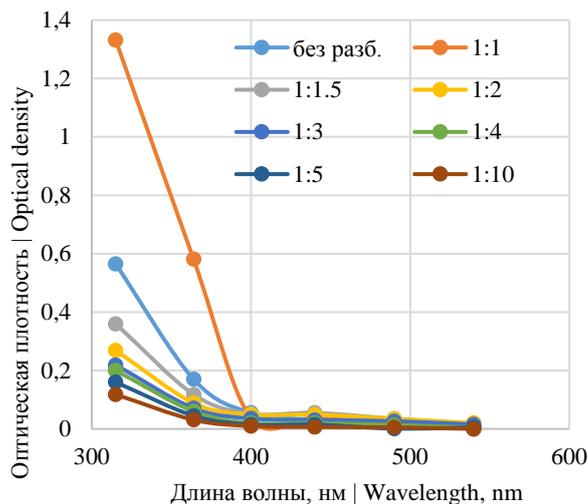


Рисунок 3. Спектры поглощения красящих веществ, экстрагированных уксусно-этиловым эфиром

Figure 3. Absorption spectra of dyes extracted with acetic ethyl ether

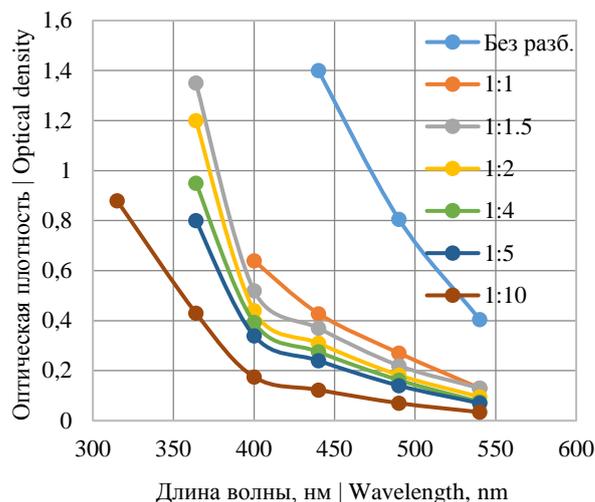


Рисунок 4. Спектры поглощения красящих веществ, экстрагированных уксусной кислотой, в зависимости от длины волны и степени разбавления

Figure 4. Absorption spectra of dyes extracted with acetic acid, depending on the wavelength and degree of dilution

Использование уксусной кислоты позволяет получить высоко окрашенные экстракты, оптическая плотность которых даже при длине волны 400–550 нм превышает границы диапазона измерений используемого прибора.

Для выяснения видов красящих веществ в кристаллах желтого сахара на спектрофотометре UV-1240 mini (Shimadzu) в ультрафиолетовой области спектра определяли поглощение света каждым экстрактом при 10-кратном разбавлении (рисунок 5).

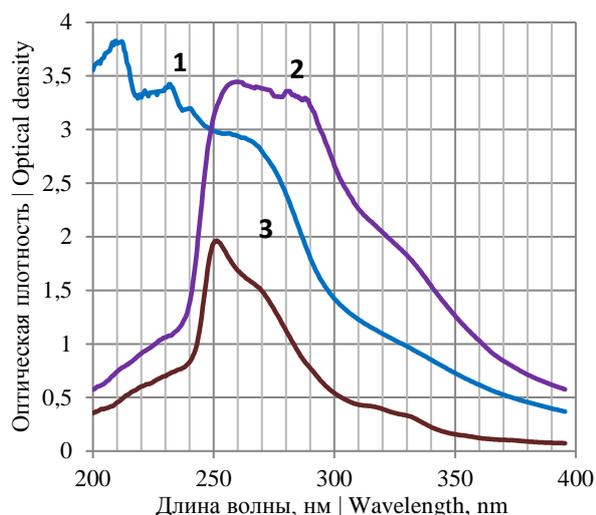


Рисунок 5. Спектр поглощения красящих веществ, экстрагированных дистиллированной водой (1), уксусной кислотой (2) и уксусно-этиловым эфиром (3)
Figure 5. Absorption spectrum of dyes extracted with distilled water (1), acetic acid (2) and acetic ethyl ether (3)

Водный экстракт имеет несколько максимумов поглощения при длинах волны 210, 232 и 240 нм, что свидетельствует о сложном составе компонентов, входящих в его состав. Можно предположить, что максимум поглощения при длине волны 210 нм обусловлен присутствием карбонильной группы, а также α , β -ненасыщенных карбоновых кислот или их производных; при длине волны 232–240 нм – α , β – ненасыщенными оксосоединениями; при длине волны 250–280 – сопряженными π -связями.

Уксусный экстракт показывает широкую полосу поглощения в диапазоне 250–290 нм со слабо выраженным максимумом при длине волны 262 нм, что может быть обусловлено присутствием красящих веществ не идентифицированного строения с гидроксильными группами

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сапронов А.Р., Сапронова Л.А., Ермолаев С.В. Технология сахарного производства. СПб.: ИД «Профессия», 2015. 296 с.
- 2 Reinefeld E., Mussawi-Barab M.H. Uber Melassefarbstoffe // Zucker. 1963. № 12. P. 322–332.
- 3 Bharose R., Verma S.K. Cane Sugar Colour and Colourants // The Indian Journal of Basic and Applied Research. 2016. V. 1. № 3. P. 55–61.
- 4 Кульнева Н.Г. и др. Исследование цветовых характеристик полупродуктов сахарного производства // Вестник ВГУИТ. 2017. № 1. С. 300–304.
- 5 Колчева Р.А., Сапронов А.Р. Красящие вещества и их влияние на качество сахара. М.: Пищевая промышленность, 1975. 346 с.
- 6 Тарасова И.А. Исследования сахаросодержащих красящих растворов методом дифференциально сканирующей калориметрии // Сахар. 2017. № 3. С. 48–49.

и электродонорными атомами (например, азота), образующими сольваты с карбоксильной группой уксусной кислоты, а также предельными альдегидами или кетонами.

Оптическая плотность экстракта уксусно-этилового эфира в этом диапазоне в 2 раза ниже, отмечается максимум поглощения при длине волны 253 нм. Вероятно, это поглощение связано с присутствием α , β – ненасыщенных оксосоединений. Небольшой максимум при длине волны 270 нм обусловлен карбонильными соединениями [7–10].

Экспериментальные исследования показывают, что наличие в органических молекулах кратных связей или функциональных групп, имеющих неподеленные пары электронов, связано с появлением поглощения в области 200–800 нм. Длина волны, на которой происходит поглощение света веществом, зависит от наличия в нем определенных двойных связей и от их числа [11]. Группы атомов, вызывающие поглощение в УФ и видимой областях спектра, содержат кратные связи или атом со свободной парой электронов (C = O, NO, N = N).

Заключение

В результате исследований установлено, что до 90% красящих веществ желтого сахара находится в пленке, расположенной на поверхности кристаллов, и легко удаляется аффинацией. Красящие вещества желтого сахара наиболее эффективно экстрагируются уксусной кислотой, которая является слабо полярным протонным растворителем. Отмеченные максимумы поглощения для водного, ацетатного и этил-ацетатного экстрактов не совпадают, что свидетельствует о присутствии в них красящих веществ различного химического состава.

- 7 Скобун А.С., Белодедова Ж.В. Органическая химия. Качественный анализ биоорганических соединений: Лабораторный практикум. СПб: НИУ ИТМО, 2014. 57 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/70958>.

- 8 Alcázar-Alay S.C. et al. Study of an extraction process as the pretreatment step for sugar production from acid hydrolysis // Food and Public Health. 2015. V. 5. № 2. P. 47–55.

- 9 Vasylyshyna E. Influence of freezing and storing cherry fruit on its nutritional value // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. 2016. V. 15. № 2. P. 145–150.

- 10 Maravić N. et al. Physico-Chemical Characteristics of White Sugar Fractions Separated by Crystal Sizes // Analecta Technica Szegedinensia. 2016. V. 10. № 2. P. 42–48.

- 11 Hubbermann E.M. Coloring of Low-Moisture and Gelatinized Food Products // Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages. 2016. P. 179–196.

REFERENCES

- 1 Saprnov A.R., Saprnova L.A., Ermolaev V.S. Tekhnologiya sakharnogo proizvodstva [Technology of sugar production] Saint-Petersburg, ID "Profession", 2015. 296 p. (in Russian)
- 2 Reinefeld E., Mussawi-Barab M.H. Uber Melassefarbstoffe. Zucker. 1963. no. 12. pp. 322–332.
- 3 Bharose R., Verma S.K. Cane Sugar Colour and Colourants. The Indian Journal of Basic and Applied Research. 2016. vol. 1. no. 3. pp. 55–61.
- 4 Kulneva N.G. et al. The study of color characteristics of semi-products of sugar production. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET] 2017. no. 1. pp. 300–304. (in Russian)
- 5 Kolcheva R.A., Saprnov A.R. Krasnyashchie veshchestva I ikh vliyanie [Dyes and their impact on the quality of the sugar] Moscow, Food industry, 1975. 346 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Надежда Г. Кульнева д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ngkulneva@yandex.ru

Владимир М. Болотов д.х.н., профессор, кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Гебре Э. Бираро аспирант, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Надежда Г. Кульнева предложила методику проведения эксперимента

Владимир М. Болотов консультация в ходе исследования

Гебре Э. Бираро написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 12.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.05.2018

6 Tarasova I.A. Studies of sugar-containing coloring solutions by differential scanning calorimetry. *Sakhar* [Sugar] 2017. no. 3. pp. 48–49. (in Russian)

7 Skobun A.S., Belodedova J.V. Organicheskaya khimiya. Kachestvannyi analiz [Organic chemistry. Qualitative analysis of Bioorganic compounds: Laboratory workshop] Saint-Petersburg, ITMO, 2014. 57 p. Available at: <https://e.lanbook.com/book/70958> Oh.

8 Alcázar-Alay S.C. et al. Study of an extraction process as the pretreatment step for sugar production from acid hydrolysis. *Food and Public Health*. 2015. vol. 5. no. 2. pp. 47–55.

9 Vasylyshyna E. Influence of freezing and storing cherry fruit on its nutritional value. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*. 2016. vol. 15. no. 2. pp. 145–150.

10 Maravić N. et al. Physico-Chemical Characteristics of White Sugar Fractions Separated by Crystal Sizes. *Analecta Technica Szegedinensia*. 2016. vol. 10. no. 2. pp. 42–48.

11 Hubbermann E.M. Coloring of Low-Moisture and Gelatinized Food Products. *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages*. 2016. pp. 179–196.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Nadezhda G. Kulneva Dr. Sci. (Engin.), professor, technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ngkulneva@yandex.ru

Vladimir M. Bolotov Dr. Sci. (Chem.), professor, chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Gebre E. Biraro graduate student, technologies of fermentation and sugar production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

Nadezhda G. Kulneva proposed a scheme of the experiment

Vladimir M. Bolotov consultation during the study

Gebre E. Biraro wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.12.2018

ACCEPTED 5.16.2018

Эффективность переработки свеклы пониженного качества

Вячеслав А. Голыбин¹ visg@yml.ru
Владимир А. Федорук¹ yzas2006@yandex.ru
Наталья А. Матвиенко¹ natali25_81@mail.ru
Виктория Б. Ромашова¹ viktoriy-romashova@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Качество перерабатываемой сахарной свеклы во многом определяет конечные результаты производственной деятельности сахарного завода – выход белого сахара, его качество, коэффициент завода. Проблемы качества свеклы обусловлены многими причинами, характерными именно для условий России. Результатом комплексного воздействия неблагоприятных факторов являются повышенные потери сахарозы и массы свеклы с накоплением в ней значительного количества вредных несугаров: в основном редуцирующих веществ, растворимых азотистых соединений и пектиновых веществ, высокомолекулярных соединений. Для достижения высоких показателей фильтрования производственных сахарных растворов после их карбонизации наряду с высоким эффектом адсорбционного удаления продуктов распада несугаров определяющим фактором является получение оптимальной структуры частиц карбоната кальция – основы фильтрационного осадка. Нами показана целесообразность управляемого процесса формирования структуры осадка карбоната кальция в процессе первой карбонизации путем ввода в очищаемый сок частиц специально подготовленного фильтроперлита. Предварительная подготовка заключалась в известково-углекислотной обработке фильтроперлита с определенной дисперсностью при заданном значении pH с получением максимальной положительной величины электрокинетического потенциала. Возврат активированной карбонатной суспензии сока II сатурации на предварительную прогрессивную преддефекцию способствует повышению эффекта очистки на этой операции на 39,2% в сравнении с контролем, улучшению дисперсного состава коагулята несугаров, что подтверждается увеличением скорости седиментации частиц осадка на 35% при уменьшении объема осадка V₂₅ на 16,9%. Эффективность очистки сока II сатурации повышается на 15,4% по сравнению с контролем, массовая доля солей кальция снижается на 25%, эффект удаления красящих веществ повышается на 16,5%.

Ключевые слова: сахарное производство, сахарная свекла, показатели качества, фильтроперлит

Efficiency of low quality beet processing

Vyacheslav A. Golybin¹ visg@yml.ru
Vladimir A. Fedoruk¹ yzas2006@yandex.ru
Natalya A. Matvienko¹ natali25_81@mail.ru
Viktoria B. Romashova¹ viktoriy-romashova@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The quality of sugar beet processed determines the final results of the production activity of the sugar plant in many ways - the white sugar yield, its quality, the plant coefficient. The problems of beet quality are due to many reasons, which are specific for the conditions of Russia. The result of complex influence of unfavorable factors are increased sucrose losses and beet weight with the accumulation in it of a significant amount of harmful nonsugars: mainly reducing substances, soluble nitrogen compounds and pectin substances, high-molecular compounds. To achieve high filtration rates of industrial sugar solutions after their carbonization, along with the high adsorption effect of removing the decomposition products of nonsugars, the determining factor is the obtaining of the optimal structure of calcium carbonate particles, the basis of the filtration sludge. We have shown the advisability of a controlled process for the formation of calcium carbonate sludge in the first carbonization process by introducing particles of a specially prepared filter perlite into the juice to be purified. Preliminary preparation consisted of lime-carbon dioxide treatment of the filter perlite with a certain dispersion at a given pH value to obtain the maximum positive electrokinetic potential. The return of the activated carbonate suspension of the second saturation carbonation juice to the preliminary progressive preliming promotes an increase in the purifying effect in this operation by 39.2% in comparison with the control, an improvement in the dispersed composition of the nonsugars coagulate, which is confirmed by an increase in sedimentation rate of the sludge particles by 35% with a decrease in the sludge volume V₂₅ by 16.9%. The purification efficiency of juice II carbonation increases by 15.4% compared to the control, the calcium salts mass fraction is reduced by 25%, the effect of coloring substances removing increases by 16.5%.

Keywords: sugar production, sugar beet, quality indicators, filterperlite

Введение

Качество перерабатываемой сахарной свеклы во многом определяет конечные результаты производственной деятельности сахарного завода – выход белого сахара, его качество, коэффициент завода. Проблемы качества свеклы обусловлены многими причинами, характерными именно для условий России.

Для цитирования

Голыбин В.А., Федорук В.А., Матвиенко Н.А., Ромашова В.Б. Эффективность переработки свеклы пониженного качества // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 206–210. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-206-210

For citation

Golybin V.A., Fedoruk V.A., Matvienko N.A., Romashova V.B. Efficiency of low quality beet processing. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 206–210. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-206-210

Дефицит влаги, недостаточное количество и несоблюдение оптимальных сроков ввода удобрений, неустойчивые погодные условия вегетации (весенние похолодания, ранние осенние заморозки), несовершенство уборочной техники и обусловленное этим значительное травмирование корнеплодов, подмораживание и оттаивание – все эти факторы способствуют снижению технологических показателей свеклы.

В результате комплексного воздействия неблагоприятных факторов на сахарные заводы поступает сырье, не отвечающее требованиям ГОСТ 52647–2006 «Свекла сахарная. Технические условия».

Количество травмированных корнеплодов при механизированной уборке достигает 37–45%, из них 20% и более сильно поврежденных.

В травмированных корнеплодах свеклы более интенсивно протекают основные жизненные процессы дыхания и прорастания, возрастает активность ферментов (например, инвертазы), разрушающих сахарозу, усиливаются микробиологические процессы, вызывающие появление гнилой массы.

Результатом комплексного воздействия неблагоприятных факторов являются повышенные потери сахарозы и массы свеклы с накоплением в ней значительного количества вредных несахаров: в основном редуцирующих веществ (РВ), растворимых азотистых соединений и пектиновых веществ, высокомолекулярных соединений.

При увеличении количества гнилой массы в свекле на 1% ее сахаристость снижается на 0,2–0,3%, содержание РВ возрастает на 40–85%, чистота свекловичного сока снижается на 1%, очищенного сока и сиропа на 1,1%.

Каждый процент гнилой массы в свекле вызывает снижение выхода сахара на 0,3%, увеличение содержания сахара в мелассе на 0,1%.

Наличие гнилой массы наиболее заметно отражается на изменении ее углеводного комплекса. Так, при увеличении доли гнилой массы до 20% сахаристость свеклы снижается до 13,6%, содержание РВ возрастает в 5–6 раз, ухудшается качество свекловичного сока – чистота (Ч) снижается с 87,3 до 67,4%, содержание органических кислот увеличивается в 25 раз [1–4].

Важным показателем качества свеклы является степень ее подвяливания (потеря влаги). Потеря 15% массы корнеплода при хранении повышает активность фермента инвертазы в 6 раз, что приводит к снижению сахаристости свеклы и увеличению в ней содержания вредного несахара – РВ.

При хранении подвяленной на 13% свеклы потери сахарозы составили более 6%, количество пораженных гнилью корней – 55%,

увеличение РВ – 40%, снижение чистоты свекловичного сока на 11,3%.

Значительным изменениям подвергается состав свеклы, поврежденной в процессе хранения заморозками и оттаявшей – в ней накапливалось до 45% загнивших корней, из них с почерневшей тканью – 26–30%.

При заражении оттаявшей свеклы слизеобразующими бактериями появляются высокомолекулярные соединения типа декстран и леван, резко ухудшающие фильтрационно-седиментационные показатели сатурационных соков.

При хранении такой свеклы в течение 55 суток ее сахаристость снизилась до 6,7%, доля РВ увеличилась с 0,24 до 6,20% (в 25,8 раза). Для сравнения содержание растворимой золы при этом выросло с 0,55 до 1,50%, или в 2,7 раза. Существенные изменения в углеводном комплексе подмороженной, а затем оттаявшей свеклы исключили возможность ее переработки – расчетный выход сахара 0,2%, а потери сахарозы в мелассе вследствие появления в свекловичном соке дополнительных несахаров-мелассообразователей составили 5,64% к массе свеклы, т. е. возросли более чем в 3 раза.

При наличии в бактериозной свекле 8–10% гнилой массы из-за присутствия высокомолекулярных соединений (из них наиболее вредный полисахарид декстран) сатурационные соки практически невозможно отфильтровать.

Вследствие появления пораженной бактериозом свеклы Ч диффузионного сока снизилась с 86,2 до 82,5%, содержание декстрана увеличилось с 0,018 до 0,075%, величина рН снизилась с 6,2 до 5,5, содержание РВ увеличилось в 3,5 раза, скорость фильтрования сока I сатурации снизилась в 7,6 раза, скорость осаждения частиц осадка – в 2,1 раза, объем осадка увеличился в 1,8 раза [5].

Молекулы декстрана адсорбируются поверхностью кристаллов сахара в процессе их формирования и роста, что снижает качество сахара и делает невозможным использование его для выработки продуктов детского питания, различных напитков и т. д.

В соответствии с регламентными требованиями современной схемы физико-химической очистки диффузионного сока присутствующие в исходном соке РВ подвергаются щелочно-термическому разложению в управляемых условиях по температуре, продолжительности процесса, активной известковой щелочности. С учетом обеспечения нормативной термостойчивости очищенного сока в условиях высокотемпературного выпаривания остаточное содержание РВ в соке не должно превышать 0,020–0,025% к его массе. Следовательно,

при возможном интервале начальной массовой доли РВ в диффузионном соке из свеклы различного качества 0,08–0,35% для достижения рекомендуемой остаточной их доли степень щелочно-термического разложения указанных несахаров должна составлять 90% и более. При их разложении образуется более 100 различных химически активных соединений с короткими углеродными цепочками, имеющими в своем составе карбонильные группы, которые могут реагировать друг с другом и образовывать окрашенные соединения. Вследствие различной прочности органических связей продуктов распада РВ с переменной степенью полимеризации образуются объемные структуры первичных макромолекул ацидокарбонатов гидроксикальция, которые при агрегатировании влияют на дисперсность и коэффициент сжимаемости осадков [6].

В результате в очищаемом соке появляются новые группы несахаров – красящие вещества и высокомолекулярные соединения. Задача последующих операций технологического комплекса очистки диффузионного сока – максимальное удаление красящих веществ и других вторичных продуктов распада за счет адсорбции карбонатом кальция в процессе карбонизации известковой щелочности с последующим удалением образовавшегося осадка карбоната кальция с несахарами путем фильтрования или седиментации.

Основными показателями качества готовой продукции – белого сахара, являются цветность водного раствора и зольность. Указанные вторичные несахара – продукты распада РВ, вследствие невозможности их полного удаления при традиционной известково-углекислотной очистке диффузионного сока, являются одними из основных причин снижения качества сахара. С учетом сказанного возникает задача интенсификации процессов очистки диффузионного сока за счет применения эффективных приемов [7].

Горячая известковая обработка диффузионного сока позволяет обеспечить более полную степень распада РВ, однако в сравнении

с низкотемпературной обработкой производственные растворы имеют высокую цветность и повышенное содержание продуктов полимеризации красящих веществ. Например, при 90 °С таких соединений в очищаемом соке больше на 36% в сравнении с низкотемпературной известковой обработкой. При образовании микрочастиц карбоната кальция в присутствии ВМС образуются мелкодисперсные структуры с низкими фильтрационно-седиментационными показателями, что в производственных условиях снижает производительность фильтровального оборудования. Скорость фильтрования производственного раствора с учетом повышенного содержания в исходном соке РВ и при высокотемпературной известковой обработке снижается почти в 2 раза.

Результаты и обсуждение

Для достижения высоких показателей фильтрования производственных сахарных растворов после их карбонизации наряду с высоким эффектом адсорбционного удаления продуктов распада несахаров определяющим фактором является получение оптимальной структуры частиц карбоната кальция – основы фильтрационного осадка.

Нами показана целесообразность управляемого процесса формирования структуры осадка карбоната кальция в процессе первой карбонизации путем ввода в очищаемый сок частиц специально подготовленного фильтроперлита. Предварительная подготовка заключалась в известково-углекислотной обработке фильтроперлита с определенной дисперсностью при заданном значении рН с получением максимальной положительной величины электрокинетического потенциала (ЭКП). Ввод в очищаемый сок такой суспензии обеспечивает в процессе карбонизации формирование более однородных частиц карбоната кальция, которые можно отнести к малосжимаемым структурам, а также обеспечивает высокий эффект адсорбционной очистки продуктов щелочного распада РВ (таблица 1).

Таблица 1.

Показатели сока в зависимости от варианта проведения I карбонизации

Table 1.

Indicators of juice depending on the variant of the carbonation 1st

Показатели эффективности карбонизации сока The efficiency of carbonation of the juice	Ввод фильтроперлита перед карбонизацией Enter filterperlite before carbonation	Типовой вариант карбонизации Typical carbonation variant
Эффект адсорбционного удаления красящих веществ, % Effect of adsorption removal of dyes, %	55,8	48,4
Скорость фильтрования сока, см ³ /с Juice filtration rate, cm ³ / s	0,98	0,72
Скорость седиментации осадка, см/мин Sedimentation rate, cm /min	3,05	2,35

Из приведенных данных видно существенное улучшение фильтрационно-седиментационных показателей производственных сахарных растворов при предварительном вводе в очищаемый сок активированного фильтроперлита – скорость фильтрования сока увеличилась на 36,1%, скорость седиментации – на 29,8%.

По современной технологии очистки диффузионного сока часть сгущенной суспензии сока I и II сатурации возвращается в определенную зону pH прогрессивного преддефекатора [8–10]. Частицы карбонатного осадка сока II сатурации имеют положительный ЭКП +7÷12 мВ. В процессе II сатурации образуется менее загрязненная поверхность осадка карбоната кальция, чем на I сатурации. Возврат такой суспензии способствует более полной коагуляции ВМС и ВКД диффузионного сока на стадии прогрессивной преддефекации (ППД). Важным является ввод именно суспензии сока II сатурации, полученной при управляемом формировании структуры осадка на основе вводимых частиц активированного

фильтроперлита перед стадией карбонизации. Вызывает интерес влияние возврата суспензии, полученной в процессе карбонизации оксида кальция с предварительным вводом активированного фильтроперлита. Исследовали варианты возврата в процесс преддефекационной обработки различных карбонатных суспензий при очистке диффузионного сока из свеклы длительного хранения (Ч сока 86,3%, pH 5,95).

Вариант 1. Возврат суспензии сока I сатурации с последующим вводом CaO до pH 11,0 (контроль).

Вариант 2. Ввод в диффузионный сок суспензии сока II, ввод CaO до pH 11,0.

Вариант 3. Ввод части суспензии сока II сатурации непосредственно в диффузионный сок и в зону pH 8,0 – 8,5 с последующим вводом CaO до pH 11,0.

Определяли качественные показатели очищаемого сока после прогрессивной преддефекации, I и II сатурации (таблица 2).

Таблица 2.

Технологические показатели качества соков

Table 2.

Technological indicators of juice quality

Показатели Parameter	Вариант возврата суспензии Suspension return option		
	№ 1	№ 2	№ 3
Сок после ППД Juice after progressive preliminary liming			
Ч, % Purity, %	87,6	87,9	88,4
Эффект очистки, % The cleaning effect, %	12,5	14,2	17,4
S ₅ , см/мин (cm/min)	2,85	3,40	3,85
V ₂₅ , %	26,0	23,1	21,6
Сок I сатурации Carbonation 1st			
V _ф , см ³ /с (cm ³ /s)	0,069	0,078	0,094
S ₅ , см/мин (cm/min)	3,40	3,75	4,45
V ₂₅ , %	22,9	19,6	17,5
Сок II сатурации Carbonation 2nd			
Ч, % Purity, %	90,0	90,4	90,7
Общий эффект очистки, % Total effect purification, %	29,9	32,7	34,5
Массовая доля солей кальция, % CaO Mass fraction of calcium salts, % CaO	0,036	0,031	0,027
Цветность, усл. ед. Chroma, conventional units	16,4	14,90	13,7

Возврат активированной карбонатной суспензии сока II сатурации на ППД способствует повышению эффекта очистки на этой операции на 39,2% в сравнении с контролем, улучшению дисперсного состава коагулята несахаров, что подтверждается увеличением скорости седиментации частиц осадка на 35% при уменьшении объема осадка V₂₅ на 16,9%. Эффективность очистки сока II сатурации повышается на 15,4% по сравнению с контролем, массовая доля солей кальция снижается на 25%, эффект удаления красящих веществ повышается на 16,5%.

Заключение

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что возврат на прогрессивную преддефекацию суспензии сока II сатурации, сформированной при предварительном вводе на сатурацию активированного фильтроперлита позволяет существенно повысить эффективность как процесса преддефекации, так и операции II сатурации, что является особенно важным при переработке свеклы пониженного качества с повышенным содержанием вредных несахаров.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Wright M. Microbiology in the sugar industries // Sugar Industry. 2018. № 2. P. 83–87.
- 2 Bergwall Ch. New microbiological challenges for the sugar industry with focus on thermophilic acidophilic bacteria // Sugar Industry. 2018. № 1. P. 28–32.
- 3 Antczak-Chrobot A., Bąk P., Wojtczak M. Changes in technological quality of frost damaged sugar beet during storage // Sugar Industry. 2017. № 8. P. 471–475.
- 4 Wojtczak M. et al. Changes in the content of organic acids and inorganic anions in sugar beet during long-term storage // Sugar Industry. 2016. № 12. P. 760–764.
- 5 Голыбин В.А., Кульнева Н.Г., Федорук В.А. Мероприятия по обеспечению сохранности сахарной свеклы // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «О проблемах обеспечения в современных условиях количественной и качественной сохранности материальных ценностей, поставляемых и закладываемых в государственный резерв». Часть 1. М.: ООО «Галлея-Принт», 2011. С. 142–152.
- 6 Голыбин В.А. и др. Влияние различных факторов на щелочно-термическое разложение редуцирующих веществ // Вестник ВГУИТ. 2014. № 2. С. 153–157.
- 7 Зелепукин Ю.И. и др. Интенсификация известково-углекислотной очистки диффузионного сока // Сахар. 2016. № 1. С. 40–43.
- 8 Рад М.А., Рад А.А., Шревель Ж. Оценка очистки сока на сахарных заводах // Сахар и свекла. 2015. № 2. С. 17–32.
- 9 Сапронов А.Р., Сапронова Л.А., Ермолаев С.В. Технология сахара. СПб.: Профессия, 2013. 296 с.
- 10 де Бруин Я.М. Поиск и устранение отклонений в свеклосахарном производстве: обзор // Сахар и свекла. 2013. № 1. С. 36–45.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

- Вячеслав А. Голыбин** д.т.н., профессор, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, visg@yandex.ru
- Владимир А. Федорук** к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yzas2006@yandex.ru
- Наталья А. Матвиенко** к.т.н., доцент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, natali25_81@mail.ru
- Виктория Б. Ромашова** студент, кафедра технологии бродильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, viktoriy-romashova@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.05.2018

REFERENCES

- 1 Wright M. Microbiology in the sugar industries. Sugar Industry. 2018. no. 2. pp. 83–87.
- 2 Bergwall Ch. New microbiological challenges for the sugar industry with focus on thermophilic acidophilic bacteria. Sugar Industry. 2018. no 1. pp. 28–32.
- 3 Antczak-Chrobot A., Bąk P., Wojtczak M. Changes in technological quality of frost damaged sugar beet during storage. Sugar Industry. 2017. no. 8. pp. 471–475.
- 4 Wojtczak M. et al. Changes in the content of organic acids and inorganic anions in sugar beet during long-term storage // Sugar Industry. 2016. no. 12. pp. 760–764.
- 5 Golybin V.A., Kulneva N.G., Fedoruk V.A. measures to ensure the safety of sugar beet. Sbornik докладov Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy ykonferentsii «O problemah obespecheniya v sovremennyih usloviyah kolichestvennoy i kachestvennoy sohrannosti materialnyh tselestey, postavlyayemyhi zakladyvaemyih v gosudarstvennyiy rezerv». [Collection of reports of the International scientific and practical conference "On the problems of providing quantitative and qualitative safety of material values supplied and pledged to the state reserve"]. Moscow, LLC "Halley-Print", 2011. pp. 142–152. (in Russian)
- 6 Golybin V.A. et al. Influence of different factors on the alkali-thermal decomposition of reducing substances. *Vestnik VGUIET* [Proceedings of VSUET], 2014, no. 2, pp. 153–157 (in Russian).
- 7 Zelepukin V.I. et al. Intensification of lime-carbon dioxide extract purification. *Sahar* [Sugar]. 2016. no. 1. pp. 40–43 (in Russian)
- 8 Rad M.A., Rad A.A., Shrevel' Zh. Evaluation of cleaning the juice at sugar factories. *Sakhar i Svekla* [Sugar and beet]. 2015 no. 2 pp. 17–32. (in Russian)
- 9 Saponov A.R., Saponova L.A., Ermolaev S.V. Tehnologiya sahara [Technology of sugar]. Saint-Petersburg, Profession, 2013. 296 p. (in Russian).
- 10 de Bruin J.M. Search and elimination of deviations in the sugar industry: a review. *Sahar i Svekla* [Sugar and beet]. 2013. no. 1. pp. 36–45. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

- Vyacheslav A. Golybin** Dr. Sci. (Engin.), professor, technology of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, visg@yandex.ru
- Vladimir A. Fedoruk** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, yzas2006@yandex.ru
- Natalya A. Matvienko** Cand. Sci. (Engin.), associate professor, technology of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, a Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, natali25_81@mail.ru
- Viktoriya B. Romashova** student, technology of fermentation and sugar industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, viktoriy-romashova@yandex.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.15.2018

ACCEPTED 5.14.2018

Особенности разработки рационов питания для детей дошкольного возраста больных целиакией

Владислав М. Тиунов¹ vladislav.tiunoff@yandex.ru
Ольга В. Чугунова¹ chugun.ova@yandex.ru
Дмитрий В. Гращенко¹ dmitriygr99@mail.ru

¹Уральский государственный экономический университет, ул.8 Марта 62, г. Екатеринбург, 620144, Россия

Реферат. В статье представлены результаты исследования по разработке рационов для питания детей с пищевой поливалентной аллергией, в том числе и на глютен, в возрасте 3–7 лет для питания детей в дошкольных образовательных организациях. Пищевая аллергия на глютен или глютеносная энтеропатия (целиакия) – хроническое заболевание человека, при котором употребление в пищу продуктов из зерна пшеницы, ржи, ячменя вызывает в организме широкий спектр патологических изменений: поражение слизистой оболочки тонкой кишки, резкое ухудшение переваривания и всасывания пищевых веществ. Разработанное 10 дневное меню, соответствующее принципам потребности ребенка в пищевой ценности (физиологические нормы потребления), распределение питания в течение дня, потребность ребенка в продуктовом наборе. Представлены данные распределения калорийности рациона по отдельным приемам пищи. Оценка сбалансированности питания детей проведена на основании методических рекомендаций СанПиН 2.4.1.3049-13. Рассмотрено удовлетворение суточных физиологических норм потребления по основным макронутриентам, витаминам, минералам и энергетической ценности рациона на основе анализа меню-раскладок. Показано, что мероприятия по формированию навыков здорового питания у детей дошкольного возраста как составной части здорового образа жизни, должна носить системный характер, обеспечивающий преемственность и непрерывность данного процесса, а также учитывать возрастные и индивидуальные особенности детей. Поскольку безглютеновая диета является профилактикой здоровья для людей с целиакией соблюдение ее необходимо продолжительное времени.

Ключевые слова: рационы, целиакия, безглютеновая диета, глютен, меню, клейковина, макро- и микронутриенты

Features of the development of diets for preschool children in celiac patients

Vladislav M. Tiunov¹ vladislav.tiunoff@yandex.ru
Olga V. Chugunova¹ chugun.ova@yandex.ru
Dmitrii V. Grashchenkov¹ dmitriygr99@mail.ru

¹Ural State University of Economics, 8 Marta str., 62, Ekaterinburg, 620144, Russia

Summary. The article presents the results of a study on the development of diets for feeding children with food polyvalent allergy, incl. and gluten at the age of 3–7 years for feeding children in pre-school educational organizations. Food allergies to gluten or gluten enteropathy (celiac disease) is a chronic human disease in which eating food from wheat, rye, and barley grain causes a wide range of pathological changes in the body: damage to the small intestine mucosa, a sharp deterioration in the digestion and absorption of nutrients. The developed 10 day menu, corresponding to the principles of the child's nutritional needs (physiological norms of consumption), distribution of nutrition during the day, the child's need for food. The data of caloric distribution of the diet for individual meals are presented. The evaluation of the nutrition balance of children was carried out on the basis of the SanPiN guidelines 2.4.1.3049-13. Satisfaction of diurnal physiological norms of consumption on the main macronutrients, vitamins, minerals and energy value of the diet on the basis of the analysis of menu-layouts is considered. It is shown that measures to form healthy food habits in preschool children as part of a healthy lifestyle should be systemic, ensuring continuity and continuity of this process, as well as taking into account the age and individual characteristics of children. Since the gluten-free diet is a health preventive for people with celiac compliance, it needs a long time.

Keywords: rations, celiac disease, gluten-free diet, gluten, menus, gluten, macro and micronutrients

Введение

Одним из основных направлений государственной политики в сфере обеспечения продовольственной безопасности Российской Федерации является осуществление мер повышения экономической доступности пищевых продуктов для всех групп населения, направленных на организацию здорового питания детей раннего, дошкольного и школьного возраста. Сбалансированное и рациональное питания в детском возрасте способствует профилактике развития многих алиментарно-зависимых заболеваний, также, оно способствует повышению условию физического и интеллектуального развития организма детей.

Для цитирования

Тиунов В.М., Чугунова О.В., Гращенко Д.В. Особенности разработки рационов питания для детей дошкольного возраста больных целиакией // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 211–219. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-211-219

Питание напрямую оказывает существенное влияние на формирование и состояние здоровья человека на протяжении всей последующей жизни.

Однако, несмотря на важную роль питания в жизни человека, в современное время эта проблема в России перешла из ряда медицинских в общегосударственную [1].

Как отмечено в «Основах государственной политики РФ в области здорового питания населения на период до 2020 г.», «питание большинства населения не соответствует принципам здорового питания из-за потребления пищевых продуктов, содержащих большое количество жира животного происхождения и простых

For citation

Tiunov V.M., Chugunova O.V., Grashchenkov D.V. Features of the development of diets for preschool children in celiac patients. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 211–219. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-211-219

углеводов, недостатка в рационе овощей и фруктов, рыбы и морепродуктов, что приводит к увеличивая риск развития сахарного диабета, заболевания сердечно-сосудистой системы и других заболеваний» [2].

Одним из приоритетных направлений реализации государственной политики является развитие производства пищевых продуктов, а также, развитие направления специализированных продуктов питания, как для взрослого населения, так и для детей разных возрастов.

Пищевая аллергия на глютен или глютеновая энтеропатия (целиакия) – хроническое заболевание человека, при котором употребление в пищу продуктов из зерна пшеницы, ржи, ячменя вызывает в организме широкий спектр патологических изменений: поражение слизистой оболочки тонкой кишки, резкое ухудшение переваривания и всасывания пищевых веществ [3].

Установлено [3, 8, 9], что медикаментов для лечения целиакии не существует. Единственный путь для больных целиакией – пожизненно соблюдать безглютеновую диету, для соблюдения которой должны быть полностью исключены продукты, содержащие в своем составе глютен. Это белок, содержащийся в хлебных злаках, к примеру, в пшенице, ржи, ячмене и так далее. В его состав входит вещество L-глиадин, которое оказывает токсичное воздействие на слизистую и ведет к нарушению процесса абсорбции питательных компонентов в кишечнике.

Целиакия является генетически обусловленным нарушением функции тонкого кишечника, которое связано с дефицитом ферментов, расщепляющих глютен. На фоне патологии развивается мальабсорбция, имеющая различную степень выраженности и сопровождающаяся пенистой диареей, а также такими симптомами, как метеоризм, похудение, сухость кожи и задержка физического развития детей.

Безглютеновая диета является основополагающим аспектом в лечении этой болезни. Полное исключение глютена из рациона ребенка гарантированно устранит его разрушающее действие на стенки молодого кишечника. В результате симптоматика заболевания полностью исчезнет. Диета при целиакии у детей подразумевает запрет следующих видов продуктов:

- любые продукты, а также блюда с добавлением овса, ржи, ячменя или пшеницы;
- макаронные или хлебобулочные продукты наряду с печеньем, тортами, пирожными и так далее;
- мороженое и йогурты;
- блюда на основе мясных полуфабрикатов или колбас;

- различные соусы и консервы;
- цельное молоко также считается нежелательным для ребенка.

Исключение из рациона различных пищевых продуктов легко приводит к пищевому дисбалансу и провоцирует формирования дефицита минеральных солей, витаминов, белков, жиров. Например, при удалении злаков закономерно возникает дефицит селена, витаминов E, группы B, белка, растительной клетчатки. При исключении молочной группы продуктов – кальция, витаминов A и D, лактозы.

Исходя из этого, разработка рациона для детей с целиакией для питания в дошкольных образовательных учреждениях (ДОУ) является актуальной.

Правильно организованное, построенное на современных научных основах рациональное сбалансированное питание является одним из наиболее важных биологических и социальных факторов, поскольку, наряду с удовлетворением потребности в пищевых веществах, оно должно обеспечивать процессы роста и развития организма в детском возрасте [5].

Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания в дошкольных образовательных организациях регламентированы СанПиН 2.4.1.3049-13.

При организации питания выделяются следующие основные требования:

- потребность ребенка в пищевой ценности (физиологические нормы потребления);
- распределение питания в течение дня;
- потребность ребенка в продуктовом наборе;
- способ приготовления и вкусовые качества пищи.

Результаты и обсуждение

Рациональное питание строится на основе физиологических потребностей организма ребенка в различных пищевых веществах и энергии. Разработка физиологических норм питания, составление пищевых рационов для организации питания детей, введение в рацион новых продуктов основаны на учении о сбалансированном питании. Сбалансированное питание отражает потребность в пищевых веществах и взаимосвязи между ними [5].

Необходимое количество питательных веществ и энергетическая ценность (ккал) одинаковы для детей с целиакией и для здоровых детей тех же возрастных групп. На сайте Министерства здравоохранения указаны рекомендуемые нормы энергетических и питательных веществ. У детей, в питание которых долгое время не был включен глютен, не должны развиваться проблемы, связанные с недостатком каких-либо витаминов и минеральных веществ.

Как правило, питание детей дошкольного возраста осуществляется преимущественно в организованных коллективах (ДОУ) и семье. И если в семье родители могут контролировать рацион ребенка с пищевой аллергией на глютен, то в детском дошкольном учреждении на данный момент времени существуют определённые проблемы с внедрением в систему безглютенового рациона для детей.

При разработке безглютенового рациона следует соблюдать те же требования что и для стандартного рациона. Однако при составлении рациона для больных целиакией необходимо исключить ряд пищевых продуктов, блюд и кулинарных изделий, содержащих глютен.

При формировании безглютенового рациона для детей с пищевой аллергией на глютен должны соблюдаться определенные правила и принципы оптимального питания (рисунок 1). Для организации оптимального питания в ДОУ необходимо иметь правильно составленное меню не менее чем на 2 недели, с разнообразным набором блюд и кулинарных изделий, не содержащих глютен. Рацион должен удовлетворять потребности во всех основных ингредиентах питания и энергии.

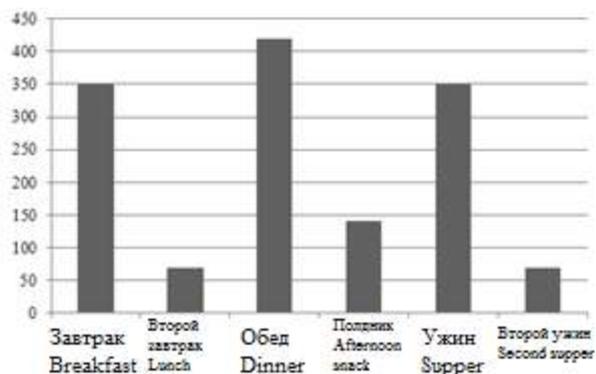


Рисунок 1. Схема общих принципов формирования рационов питания в ДОУ.

Figure 1. Scheme of general principles for the formation of diets in the preschool.

Рекомендации рационального питания подразумевают оптимальное соотношение макронутриентов, то есть количество белков, жиров и углеводов, которое по массе должно составлять 1:1:4. Вклад белка в общую калорийность должен быть 12–15%, жира: 30–32%, углеводов – от 55 до 58%. Среднее рекомендуемое распределение калорийности по отдельным приемам пищи для детей разных возрастов указано на рисунке 2.

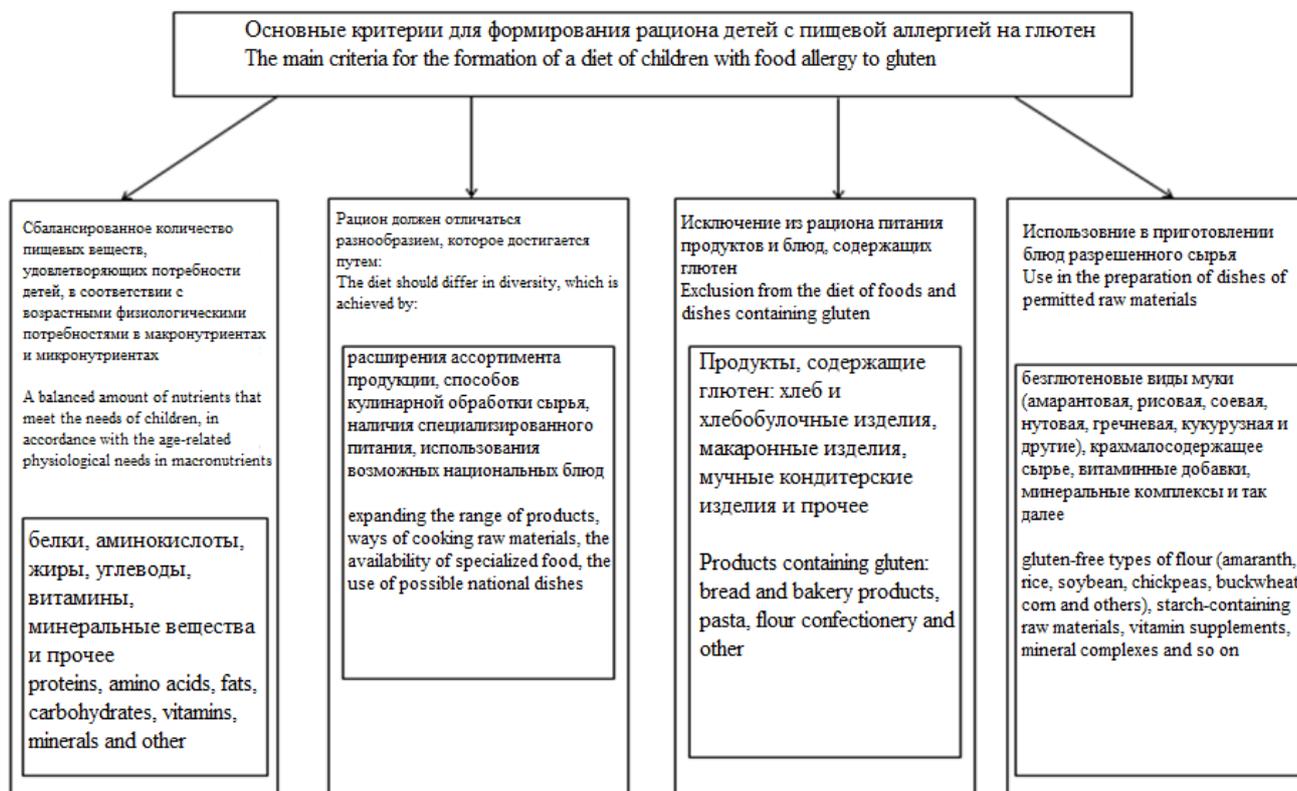


Рисунок 2. Среднее рекомендуемое распределение калорийности по отдельным приемам пищи для детей 3–7 лет, ккал
Figure 2. Average recommended caloric distribution for individual meals for children 3–7 years, kcal

Кроме того, исходя из представленных данных на рисунке 2, необходимо допустить отступление от средней нормы калорийности по отдельным приемам пищи в течение дня в пределах $\pm 10\%$.

Фактическое питание детей, посещающих дошкольные образовательные организации, изучали расчетным методом (с составлением технической документации – технологические карты) по меню-раскладкам (ОКУД 0504202) суточных рационов [6].

Исходя из меню рационов действующих дошкольных организаций Свердловской области (составлена выборка рационов питания по данным наиболее крупного оператора по питанию в Свердловской области), а также учитывая, потребности в рационе для детей наличия сбалансированного количества микро и макро нутриентов, минеральных веществ, витаминов, а также отсутствия в рационе продуктов и блюд, содержащих глютен, авторами составлен и проанализирован двухнедельный рацион питания (десять дней) для детей с пищевой аллергии на глютен. В структуру рациона включен завтрак, второй завтрак, обед, уплотненный полдник. Меню рациона проанализировано по пищевой ценности (содержание белков, жиров, углеводов, калорийности и витаминно-минеральному составу), расходу продуктов (массой брутто и нетто за каждый день и 2 недели).

С использованием компьютерной программы «Системе расчетов для общественного питания» [7] рассчитывали пищевую и энергетическую ценность отдельных рецептов и меню рационов.

Расчет осуществлялся с использованием справочных данных о химическом составе продуктов и других источников. При расчете пищевой и энергетической ценности рационов учитывали потери нутриентов в процессе кулинарной обработки (механической и тепловой) [3].

Анализ двухнедельного рациона детей с пищевой аллергией на глютен по основным макронутриентам и пищевой ценности представлен в таблице 1.

Оценка сбалансированности питания детей проведена на основании методических рекомендаций СанПиН 2.4.1.3049-13. Из представленных данных в таблице 1 видно, что в большей степени калорийность рациона за день не превышает нормы, однако, наблюдается избыток таких макронутриентов, как белки (в среднем на 17%) и пищевых волокон в среднем на 20%). Следует обратить внимание, что превышение содержания белка зафиксировано в фактическом рационе дошкольной организации, за счет питания ребенка дома превышение будет еще больше.

Также, не стоит забывать о факторе того, что необходимо допустить отступление от средней нормы калорийности за день в рационе в пределах $\pm 10\%$. Кроме этого, в представленном рационе отмечается общая несбалансированность пищевой ценности по дням (как недостаток, так и превышение). Исходя из этого, можно сказать, что представленный результат в большей степени является допустимой поправкой.

Пищевые волокна являются балластными веществами и используются для профилактики и лечения атеросклероза, ишемической болезни сердца, онкопатологии, сахарного диабета, болезни органов пищеварительной системы [4]. Тем не менее, в представленном рационе, избыток пищевых волокон на – 20% не является недостатком потому, что рекомендуемой суточной дозой пищевых волокон считается 25–40 г. Однако, исследования показывают, что у людей, страдающих от пищевой аллергии на глютен не хватает пищевых волокон, возникающих в следствии пожизненной безглютеновой диеты, что приводит к запорам, геморрою, опухоли кишечника и недостаточности желчевыводящих путей. Исходя из этого коррекция рациона с незначительным избытком пищевых волокон у таких людей совершенно необходима.

Таблица 1. Степень суточного удовлетворения в пищевых веществах и калорийности рациона

Table 1.

The degree of daily satisfaction in nutrients and caloric intake

День Day	Показатель Indicator	Белки, г Protein, g	Жиры, г Fat, g	Углеводы, г Carbohydrates, g	Пищевые во- локна, г Dietary fiber, g	Энергетическая цен- ность, ккал Energy value, kcal
1	2	3	4	5	6	7
	Нормативное значение Normative value	42	47	203	8	1400
	Значение Value	54,2	49,8	193,4	17,5	1319
1	% от суточного удовле- творения % of daily satisfaction	129,0	105,9	95,5	218,7	94,2

1	2	3	4	5	6	7
2	Значение Value	47,0	46,2	162,8	13,3	1280
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	111,9	98,2	80,1	166,2	91,4
3	Значение Value	39,2	38,0	222,6	14,1	1410
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	93,3	80,8	109,6	176,2	100,7
4	Значение Value	51,7	39,7	139,1	14,3	1150
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	123,1	84,4	68,5	178,	82,4
5	Значение Value	56,7	53,2	195,6	17,3	1482
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	135	113,1	91,4	216,3	105,8
6	Значение Value	46,7	42,1	12,3	6,9	1055
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	102,11	89,5	55,3	86,2	75,3
7	Значение Value	54,7	48,1	159,0	12,3	1266
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	130,2	102,3	78,3	153,7	90,5
8	Значение Value	46,3	24,1	152,7	6,5	1030
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	110,2	51,2	75,3	81,2	76,4
9	Значение Value	36,4	42,9	128,8	8,1	1108
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	86,6	91,2	63,4	101,2	80,1
10	Значение Value	49,9	48,8	149,5	10,9	1217
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	118,2	103,3	73,6	136,2	87,1
Средние значения Mean values		49,2 117,3	43,3 92,2	154,9 96,1	12,2 120,2	1227 89,9

Что касается таких макроэлементов как жиры и углеводы то в представленном нами рационе они соответствуют норме, среднее значение жиров от суточного удовлетворения – 92,2%, и углеводов соответственно – 96,1%.

Показатель энергетической ценности в представленном рационе от суточного удовлетворения составляет – 89,9%. На рисунке 3 отображен энергетический баланс представленного 10-дневного рациона в процентном соотношении для детей 3–7 лет.

В таблице 2 представлена степень суточного удовлетворения в содержание витаминов в рационе.

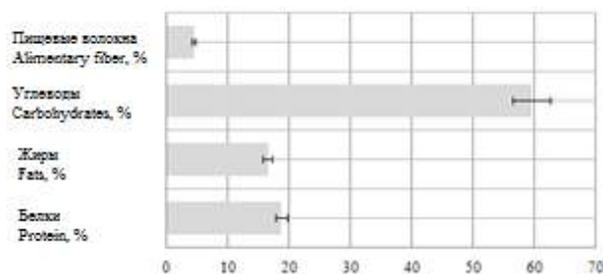


Рисунок 3. Энергетический баланс представленного 10-дневного рациона в процентном соотношении для детей 3–7 лет

Figure 3. The energy balance of the presented 10-day diet as a percentage for children aged 3–7

Степень суточного удовлетворения в содержание витаминов рациона

Table 2.

The degree of daily satisfaction in the content of vitamin ration

День Day	Показатель Indicator	B ₁ , мг	B ₂ , мг	E, мкг	C, мг
		Нормативное значение Normative value	0,8	0,9	5
1	Значение Value	0,9	1,4	9,9	215
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	112,5	155,5	198	150
2	Значение Value	0,7	1,1	10,8	93,3
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	87,5	122,2	216	126
3	Значение Value	5,3	2,3	10,6	103,7
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	666,2	255,5	212	107,4
4	Значение Value	0,7	1,4	10,0	185,3
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	87,5	155,5	200	170,6
5	Значение Value	2,2	1,7	11,3	196,2
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	275	188,8	226	192,4
6	Значение Value	0,5	1,1	9,5	58,7
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	62,5	122,2	190	117,4
7	Значение Value	2,1	1,5	7,2	94,9
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	262,5	166,6	144	189,8
8	Значение Value	0,7	1,0	8,9	189,0
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	87,5	111,1	178	178
9	Значение Value	2,2	2,1	8,2	82,5
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	275	233,3	164	165
10	Значение Value	0,7	1,2	11,7	95,4
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	87,5	133,3	234	190,8
Средние значения Mean values		1,6	1,4	9,8	79,4
		200	164,4	196	158

На рисунке 4 отображен баланс минерального комплекса, представленного 10-дневного рациона в процентном соотношении для детей 3–7 лет.

Данные представленные в таблице 2 указывают на то что, в рационе содержание витаминов превышает нормативные значения. Однако, учитывая особенности построения рациона для детей с целиакией стоит, учесть, что, отказываясь от традиционных продуктов питания, организм также, отказывается и от витаминов, которые содержатся в них, в конечном итоге это приводит к авитаминозу.

Так, к примеру, основными продуктами, от которых стоит отказаться при целиакии, являются мучные изделия из пшеничной муки и поскольку данные группы продуктов содержат клейковину, зерновые являются хорошим источником витаминов группы В.

Необходимо отметить переизбыток витаминов группы В. Степень суточного удовлетворения в витамине В₁ превышает в рационе на – 100%, а содержание витамина В₂ на – 64%.

Недостаток в организме витамина С приводит к ослаблению иммунной системы, целому ряду нарушений и является причиной такого острого заболевания, как цинга [7] содержание его в рационе превышает на – 58%.

На рисунке 4 отображен баланс минерального комплекса, представленного 10-дневного рациона в процентном соотношении для детей 3–7 лет.

Основными характерными проблемами для 99% больных целиакией являются дефицит магния (Mg) и дефицит железа (Fe).

Данная проблема является вытекающим фактором безглютеновой диеты, основанной на не сбалансированном рационе.

В данном рационе, основываясь на правилах замены продуктов питания содержания магния от суточного удовлетворения составляет – 198,8 %, а железа – 116,8 % (таблица 3).

Для обеспечения витаминной и минеральной сбалансированности в рацион включены продукты питания с высоким содержанием магния, железа и витаминов группы В.

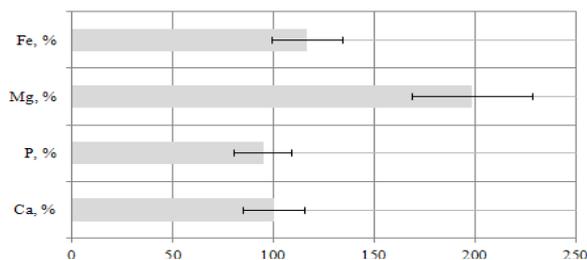


Рисунок 4. Баланс минерального комплекса, представленного 10-дневного рациона в процентном соотношении для детей 3–7 лет

Figure 4. The balance of the mineral complex represented by a 10-day diet as a percentage for children 3–7 years

В таблице 3 представлена степень суточного удовлетворения в содержание минеральных элементов в рационе.

Дефицит железа и витаминов группы В проявляется аналогичными симптомами и лечится сбалансированным питанием. Из железа образуется гемоглобин, который участвует в переносе кислорода по кровеносной системе. Витамины группы В участвует в кроветворении. Их совместный недостаток приводит к анемии.

Остальные микронутриенты, представленные в таблице, соответствуют нормам суточного удовлетворения, кальций (Ca) – 100,4%, и фосфор(P) – 95,2% соответственно.

На рисунке 5 отображен баланс витаминного комплекса, представленного 10 дневного рациона в процентном соотношении для детей 3–7 лет.

Таблица 3. Степень суточного удовлетворения в содержание минеральных элементов в рационе

The degree of daily satisfaction in the content of mineral elements in the diet

День Day	Показатель Indicator	Ca, мг	P, мг	Mg, мг	Fe, мг
	Нормативное значение Normative value	900	1100	200	10
1	Значение Value	919,1	1177,3	412,0	10,3
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	102,1	107,0	206	10
2	Значение Value	804,8	1014,2	452,2	15,1
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	89,4	92,2	226,1	151
3	Значение Value	729,2	893,4	417,0	16
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	81,0	81,2	208,5	160
4	Значение Value	1038,8	1192,6	435,7	11,0
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	115,4	108,4	217,8	110
5	Значение Value	1079,2	1125,6	453,8	15,3
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	119,9	102,3	226,9	153
6	Значение Value	953,2	1050,1	312,4	7,5
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	105,9	95,4	156,2	75
7	Значение Value	807,5	978,0	337,8	11,0
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	89,7	88,9	168,9	110
8	Значение Value	823,5	1005,9	448,6	10,4
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	91,5	91,4	224,1	104
9	Значение Value	951,2	986,7	312,9	11,4
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	105,6	89,7	156,4	114
10	Значение Value	935,8	1056,6	393,6	13,8
	% от суточного удовлетворения % of daily satisfaction	103,9	96,0	196,8	138
Средние значения Mean values		904,3	1048,1	358,4	12,7
		100,4	95,2	198,8	116,8

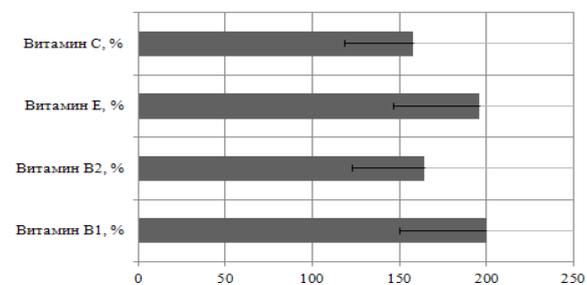


Рисунок 5. Баланс витаминного комплекса, представленного 10-дневного рациона в процентном соотношении для детей 3–7 лет

Figure 5. Balance of the vitamin complex, represented by a 10-day diet as a percentage for children 3–7 years

Закключение

Организация по формированию навыков здорового питания у детей дошкольного возраста как составной части здорового образа жизни, должна носить системный характер, обеспечивающий преемственность и непрерывность данного процесса, а также учитывать возрастные и индивидуальные особенности детей. Поскольку безглютеновая диета является профилактикой здоровья для людей с заболеванием целиакией соблюдать ее придется продолжительное количество времени, а чаще пожизненно.

Поэтому детским дошкольным учреждениям, в которых обучаются дети с целиакией необходимо выполнять все требования для организации правильного и сбалансированного питания. Данные требования распространяются не только на работу пищеблока, но и на состав педагогического персонала, который должен быть квалифицированным и обладать необходимой информацией. Для повышения эффективности организации питания авторами разработан рацион питания для детей с заболеванием целиакией.

Разработанный рацион в целом соответствует по содержанию и обеспечению детского организма в основных макронутриентах и точной калорийности.

Содержание витаминов и минеральных веществ основывается на особенности построения рациона для детей с целиакией в котором,

ЛИТЕРАТУРА

1 Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации: Указ Президента РФ № 120 от 30.01.2010.

2 Основы государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года: Распоряжение Правительства РФ № 1873-р от 25 октября 2010 г.

3 Тиунов В.М., Чугунова О.В., Крюкова Е.В. Моделирование органолептических показателей качества мучных изделий из второстепенных видов муки // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2016. № 3(38). С. 80–88.

4 Скурихина И.М., Тутельяна В.А. Химический состав российских пищевых продуктов: Справочник. М.: ДеЛипринт, 2002. 236 с.

5 Гращенко Д.В., Чугунова О.В., Кокорева Л.А. Оценка организации питания в детских дошкольных учреждениях на примере г. Екатеринбурга // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2013. № 6. С. 95–101.

6 Гращенко Д.В., Николаева Л.И. Сборник технических нормативов для питания детей в дошкольных организациях: методические рекомендации и технические документы. Екатеринбург, 2011. 342 с.

7 Гращенко Д.В., Николаева Л.И. Система расчетов для предприятий общественного питания. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2002610284 от 26.02.2002.

8 Лазарева Т.С. Целиакия у детей и подростков // Вопросы современной педиатрии. 2008. Т. 7. № 4. С. 80–84.

9 Тутельян В.А. Химический состав и калорийность российских продуктов питания: Справочник. М.: ДеЛи плюс, 2012. 284 с.

REFERENCES

1 Doktrin prodovol'stvennoi bezopasnosti RF [The Doctrine of Food Security of the Russian Federation: Presidential Decree No. 120 of 30.01.2010] (in Russian)

необходимо учесть, предрасположения детей к авитаминозу ввиду того, что он, отказываясь от традиционных продуктов питания.

Однако не стоит забывать, что существенный вклад в суточный рацион ребенка с заболеванием целиакией вносит домашнее питание. Именно под влиянием особенностей питания в семье у детей формируются вкусовые привычки, некоторые из которых могут быть преходящими, а некоторые закрепляются и становятся постоянными во взрослой жизни.

Поэтому первым фактором, служащим к выздоровлению ребенка состоит в том, чтобы оптимизировать питание детей путем предоставления полноценной безопасной пищи учитывая его особенности и физиологические нормы, а также вкусовые предпочтения.

2 Osnovy gosudarstvennoi politiki RF v oblasti zdorovogo pitaniya naseleniya [Fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of healthy nutrition for the population until 2020: Order of the Government of the Russian Federation No. 1873 r of October 25, 2010] (in Russian)

3 Tiunov V.M., Chugunova O.V., Kryukova E.V. Modeling of organoleptic indicators of quality of flour products from secondary types of flour. *Tekhnologiya I tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and Commodity Research of Innovative Food Products] 2016. no. 3 (38). pp. 80-88. (in Russian)

4 Skurikhina I.M., Tutelyan V.A. Khimicheskii sostav pishchevykh produktov [Chemical composition of Russian food products] Moscow, DeLiprint, 2002. 236 p. (in Russian)

5 Grashchenkov D.V., Chugunova O.V., Kokoreva L.A. An estimation of the organization of a food in children's preschool establishments on an example of Ekaterinburg. *Tekhnologiya I tovarovedenie innovatsionnykh pishchevykh produktov* [Technology and товароведение innovative food products] 2013. no. 6. pp. 95-101. (in Russian)

6 Grashchenkov D.V., Nikolaeva L.I. Sbornik tekhnicheskikh normativov dlya pitaniya detei v doskol'nykh organizatsiyakh [Collection of technical standards for the nutrition of children in preschool organizations: guidelines and technical documents]. Ekaterinburg, 2011. 342 p. (in Russian)

7 Grashchenkov D.V., Nikolaeva L.I. Sistema raschetov dlya predpriyatii obshchestvennogo pitaniya [Settlement system for public catering establishments. Certificate of official registration of the computer program No. 2002610284 of 26.02.2002] (in Russian)

8 Lazareva T.S. Celiac disease in children and adolescents. *Voprosy sovremennoi peditrii* [Questions of modern pediatrics] 2008. vol. 7. no. 4. pp. 80-84. (in Russian)

9 Tutelyan V.A. Khimicheskii sostav I kaloriinost' rossiskikh produktov pitaniya [Chemical composition and caloric content of Russian food] Moscow, DeLi Plus, 2012. 284 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владислав М. Тиунов аспирант, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул.8 Марта 62, г. Екатеринбург, 620144, Россия, vladislav.tiunoff@yandex.ru

Ольга В. Чугунова д.т.н., профессор, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул.8 Марта 62, г. Екатеринбург, 620144, Россия, chugun.ova@yandex.ru

Дмитрий В. Гращенко к.т.н., доцент, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул.8 Марта 62, г. Екатеринбург, 620144, Россия, dmitriygr99@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Владислав М. Тиунов обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Ольга В. Чугунова консультация в ходе исследования

Дмитрий В. Гращенко написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 09.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladislav M. Tiunov graduate student, Food Technology department, Ural State University of Economics, 8 Marta street, 62, Ekaterinburg, 620144, Russia, vladislav.tiunoff@yandex.ru

Olga V. Chugunova Dr. Sci. (Engin.), professor, Food Technology department, Ural State University of Economics, 8 Marta street, 62, Ekaterinburg, 620144, Russia, chugun.ova@yandex.ru

Dmitrii V. Grashchenkov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Food Technology department, Ural State University of Economics, 8 Marta street, 62, Ekaterinburg, 620144, Russia, dmitriygr99@mail.ru

CONTRIBUTION

Vladislav M. Tiunov review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Olga V. Chugunova consultation during the study

Dmitrii V. Grashchenkov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.9.2018

ACCEPTED 5.7.2018

Влияние вида дрожжей на качество сидрового материала

Павел А. Чалдаев	¹	pal-sanych@mail.ru
Артём Г. Кашаев	¹	kaschaev.artem@yandex.ru
Антон Е. Леучев	¹	l-toxa@mail.ru
Святослав С. Малышкин	¹	svyatoslavmal@gmail.com

¹ Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия

Реферат. Научная исследовательская деятельность по улучшению качества выпускаемой продукции является в наше время одной из важнейших задач. Установлено, что использование чистых культур дрожжей способствует более быстрому и полному сбраживанию сахаров и улучшению последующих вкусоароматических характеристик продукта в сравнении с дикими формами. Однако и чистые культуры дрожжей могут отличаться по показателям сбраживаемости сусла. В работе изучена возможность повышения качества сидровых материалов с помощью подбора необходимого штамма винных дрожжей. Исследовали 12 видов дрожжей разных штаммов, производителей и ценовых категорий. Яблочное сусло получали из яблок, выращенных в Самарской области. Качество яблок соответствовало требованиям ГОСТ 27572-87. Переработку яблок вели в полупромышленных условиях. Брожение сусла и хранение полученных сидровых материалов осуществляли при температуре 14–15 °С. Показатели качества полученных сухих сидровых материалов удовлетворяли требованиям ГОСТ 31820-2015 по всем основным показателям качества. Из сидровых материалов путем прямой перегонки получены сидровые дистилляты и подвергнуты газохроматографическому анализу. По содержанию летучих компонентов все образцы не превышали значений ГОСТ Р 51300-99. На основании анализа скорости сбраживания, флокулирующей способности и продуцирования летучих компонентов выбраны наилучшие штаммы: Vitilevure 58W3 (образец № 4), Vitilevure Multiflor (образец № 5) и LALVINQA23 (образец № 6). Сделан вывод о возможности улучшения качества сидровых материалов с помощью предварительного подбора наиболее подходящего для конкретных условий штамма дрожжей. Полученные данные могут быть использованы на производстве для улучшения качества и увеличения темпа брожения сидровых материалов.

Ключевые слова: яблочное сусло, дрожжи, брожение, сидровые материалы, физико-химические показатели, сидровые дистилляты, газовая хроматография, летучие компоненты

Influence of the type of yeast on quality of cider material

Pavel A. Chaldae	¹	pal-sanych@mail.ru
Artem G. Kashaev	¹	kaschaev.artem@yandex.ru
Anton E. Leuchev	¹	l-toxa@mail.ru
Svyatoslav S. Malyshkin	¹	svyatoslavmal@gmail.com

¹ Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia

Summary. Scientific research aimed at improving the quality of products is one of the most important tasks nowadays. It has been established that the use of pure yeast cultures promotes faster and fuller fermentation of sugars and improves the subsequent taste and aromatic characteristics of the product in comparison with wild forms. However, pure yeast cultures may differ in terms of fermentability of the wort. In this work the possibility of improving the quality of cider materials with the help of selecting the necessary strain of wine yeast is studied. Twelve yeast species of different strains, producers and price categories were studied. Apple wort was obtained from apples grown in the Samara region. The quality of apples was in accordance with the requirements of GOST 27572-87. The processing of apples was conducted under semi-industrial conditions. Fermentation of wort and storage of obtained cider materials were carried out at a temperature of 14–15 °C. The quality indicators of the dry table cider materials obtained met the requirements of GOST 31820-2015 for all major quality indicators. Cider distillates were obtained from wine materials by direct distillation and subjected to gas chromatographic analysis. According to the content of volatile components, all samples comply with the requirements of GOST R 51300-99. Based on the analysis of the rate of fermentation, flocculation and the production of volatile components, the best Vitilevure 58W3 (sample No. 4), Vitilevure Multiflor (sample No. 5) and LALVIN QA23 (sample No. 6) were selected. It was concluded that it is possible to improve the quality of cider materials by first selecting the most suitable yeast strain for the specific conditions. The obtained data can be used in production to improve the quality and increase the rate of fermentation of cider materials.

Keywords: apple wort, yeast, fermentation, cider material, physical and chemical indicators, cider distillates, gas chromatography, volatile components

Введение

В производстве виноматериалов, в том числе сидровых, большое значение имеет правильный выбор штамма дрожжей, которых на сегодняшний день существует огромное множество. Они отличаются по скорости размножения, скорости сбраживания сусла, сульфитостойкости, кислотостойкости, спиртовыносливости, а также по способности накапливать вторичные

продукты брожения, участвующих в образовании вкуса и аромата сидра. К ним относятся высшие спирты, эфиры, альдегиды и ряд других соединений.

Цель исследования – изучение влияния различных штаммов дрожжей на качество сидрового материала, полученного из яблок, выращенных в Самарской области.

Для цитирования

Чалдаев П.А., Кашаев А.Г., Леучев А.Е. Малышкин С.С. Влияние вида дрожжей на качество сидрового материала // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 220–224. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-220-224

For citation

Chaldae P.A., Kashaev A.G., Leuchev A.E; Malyshkin S.S. Influence of the type of yeast on quality of cider material. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 220–224. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-220-224

Материалы и методы

Для исследования было взято яблочное сусло, полученное прессованием мезги из яблок, выращенных в садах НИИ «Жигулевские сады», следующих сортов: Куйбышевское – 30%, Спартак – 30%, Жигулевское – 20%, Шаропай – 20% (год урожая – 2016). Яблоки собраны в период технической зрелости ручным способом.

Качество сусла оценивали по следующим физико-химическим показателям: массовая доля сухих веществ по рефрактометру [1], массовая концентрация титруемых кислот [2], активная кислотность с помощью pH-метра. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Показатели качества яблочного сусла
Table 1.
Quality indicators of apple wort

Показатель Index	Значение Value
Массовая доля сухих веществ по рефрактометру, % Mass fraction of solids by refractometer, %	11,4
Массовая концентрация титруемых кислот, г/дм ³ Mass concentration of titrated acids, g/dm ³	6,8
pH	3,45

Яблоки по органолептическим и физико-химическим показателям соответствовали требованиям стандарта [1].

Переработку яблок проводили в полупромышленных условиях с помощью корзинчатого пресса 60К с интегрированным измельчителем RM1.5 (VORAN Maschinen GmbH, Австрия). Выход сусла составил 500 л из 1 т яблок. В полученное сусло внесли метабисульфит калия из расчета содержания в сусле диоксида серы 50 мг/дм³. Охлажденное до 10–12 °С сусло осветляли отстаиванием в течение 12 ч и направляли на брожение. Для сбраживания сусла применяли сухие винные дрожжи 12 разных штаммов:

1. Vitilevure DV10 (DANSTAR FERMENT AG, Дания);
2. VitilevureAlbaflor (DANSTAR FERMENT AG, Дания);
3. Vitilevure B + C (DANSTAR FERMENTAG, Дания);
4. Vitilevure 58W3 (DANSTAR FERMENTAG, Дания);
5. VitilevureMultiflor (DANSTAR FERMENTAG, Дания);
6. LALVIN QA23 (LALLEMAND INC, Канада);

7. LALVIN V1116 (LALLEMAND INC, Канада);
8. CK S102 (Fermentis, Франция);
9. FRANCE CHAMPAGNE PREMIUM (Eurozymes, Бельгия);
10. PRIMAVERA (Best Group, Россия);
11. ZYMASIL (AEB-group, Швеция);
12. Винные сушеные дрожжи (ОАО «Белорусский дрожжевой комбинат», Беларусь).

Дозировка дрожжей составляла 0,2 г/л. Температуру воздуха в камере брожения поддерживали на уровне 14–15 °С. Контроль за брожением осуществляли путем определения температуры и плотности бродящего сусла. Бурное брожение длилось 5 сут., при этом температура сусла повышалась до 18 °С. Продолжительность брожения сусла до полной утилизации сахаров приведена в таблице 2

Таблица 2.
Продолжительность брожения яблочного сусла
Table 2.
The duration of fermentation of apple wort

Используемый штамм дрожжей Used yeast strain	Продолжительность брожения, сут. Duration of fermentation, days
1. Vitilevure DV10	8
2. VitilevureAlbaflor	9
3. Vitilevure B + C	10
4. Vitilevure 58W3	8
5. Vitilevure Multiflor	8
6. LALVIN QA23	7
7. LALVIN V1116	8
8. CK S102	8
9. FRANCE CHAMPAGNE PREMIUM	9
10. PRIMAVERA	7
11. ZYMASIL	9
12. Винные сушеные дрожжи	10

После дображивания и самоосветления полученные сидровые материалы сняли с осадка, внесли метабисульфит калия (из расчета 25 мг/дм³ диоксида серы) и оставили на хранение при 14–15 °С без доступа кислорода [2]. Через 2 месяца хранения осуществили вторую переливку сидровых материалов с сульфитацией и провели анализ качества средней пробы по следующим показателям: объемная доля этилового спирта [4], массовая концентрация сахаров методом Бертрана [5], массовая концентрация титруемых кислот [3], активная кислотность с помощью pH-метра. Полученные данные представлены в таблице 3.

Показатели качества средней пробы сидровых материалов

Table 3.

Quality indicators of the average sample of cider materials

Показатель Index	Исследуемый виноматериал Investigated wine material	Требования стандарта Requirements of the standard [5]
Объемная доля этилового спирта, % Volume fraction of ethyl alcohol, %	6,0	1,2–6,0
Массовая концентрация сахаров, г/дм ³ Mass concentration of sugars, g/dm ³	2,5	≤4,0
Массовая концентрация титруемых кислот в пересчете на винную кислоту Mass concentration of titrated acids in terms of tartaric acid г/дм ³	6,0	≥4,0
pH	3,6	–

Полученные сидровые материалы удовлетворяли требованиям стандарта по всем основным физико-химическим показателям.

Результаты и обсуждение

Для объективной оценки влияния различных штаммов дрожжей на качество сидровых материалов из них путем прямой перегонки были получены дистилляты. Методом газохроматографического анализа на приборе «Хроматэк-Кристалл 5000.2» в дистиллятах определили содержание летучих компонентов [6–7]. Они напрямую влияют на качество, вкус и аромат виноматериалов, а также на будущий вкус и букет вина [8].

Так, метанол – CH_3OH , простейший одноатомный спирт, бесцветная ядовитая жидкость, контаминант. Образуется в результате разложения пектина. Опасен для жизни не только чистый метанол, но и жидкости, содержащие этот яд даже в сравнительно небольшом количестве, поэтому в алкогольных напитках этот показатель строго регламентируется.

Сивушное масло – побочный продукт спиртового брожения, представляет собой маслянистую жидкость с резким неприятным запахом. Вкус и аромат всех вин и мировых дистиллятов, включая коньяк и виски, во многом определяется присутствием в них сивушного масла.

Сложные эфиры – летучие бесцветные жидкости с характерным, зачастую фруктовым

запахом. Образуют основной класс вкусо-ароматических соединений и напрямую влияют на качество, вкус и аромат виноматериалов, а также на будущий вкус и букет вина. Количество образующихся сложных эфиров зависит от относительного содержания соответствующих спиртов и молекул ацилКоА, вырабатываемых дрожжами во время брожения.

Ацетальдегид – органическое соединение класса альдегидов, является альдегидом этанола и уксусной кислоты. Представляет собой бесцветную жидкость с резким запахом, похожим на запах прелых яблок. Является канцерогеном первой группы, токсичен при действии на кожу, раздражитель.

Бензальдегид $\text{C}_6\text{H}_5\text{CHO}$ – простейший альдегидароматического ряда, бесцветная жидкость с характерным запахом горького миндаля или яблочных косточек. Альдегиды являются промежуточным продуктом в образовании высших спиртов, и условия, благоприятствующие их образованию, способствуют и образованию альдегидов.

Кетоны – органические вещества, в молекулах которых карбонильная группа связана с двумя углеводородными радикалами. Токсичны. Обладают раздражающим местным действием, канцерогенным и мутагенным эффектом. Образуются в результате окисления и перекисления ненасыщенных жирных кислот [10].

Результаты газохроматографического анализа сидровых дистиллятов представлены в таблице 4.

Таблица 4.

Содержание летучих компонентов в сидровых дистиллятах

Table 4.

The content of volatile components in the distillates of cider

Используемый штамм дрожжей Used yeast strain	Показатель, мг/дм ³ безводного спирта / The indicator, mg/dm ³ of anhydrous alcohol					
	Метанол Methanol	Сивушные масла Fusel oils	Сложные эфиры Esters	Ацетальдегид Acetaldehyde	Бензальдегид Benzaldehyde	Кетоны Ketones
1	2	3	4	5	6	7
1. Vitilevure DV10	80	1026	579	308	1	1
2. Vitilevure Albaflo	75	934	649	287	1	1
3. Vitilevure B + C	79	1224	579	298	3	0
4. Vitilevure 58W3	82	1152	670	395	1	2

1	2	3	4	5	6	7
4. Vitilevure 58W3	82	1152	670	395	1	2
5. VitilevureMultiflor	63	1101	610	283	1	1
6. LALVIN QA23	95	1391	559	299	0	0
7. LALVIN V1116	95	999	497	434	0	2
8. CK S102	103	1079	566	327	3	2
9. FRANCE CHAMPAGNE PREMIUM	79	1101	629	324	0	4
10. PRIMAVERA	71	1229	423	418	0	2
11. ZYMASIL	79	1020	497	265	2	1
12. Винные сушеные дрожжи Wine dried yeast	103	1481	460	287	1	3
Требование стандарта Standard requirement [11]	<1200	1000–6000	500–3500	30–500	–	–

Анализ полученных данных показывает, что по скорости сбраживания лидируют штаммы LALVINQA23 (образец № 6) и PRIMAVERA (образец № 10). Брожение они закончили раньше других образцов на 1–3 дня. Штаммы VitilevureB + C (образец № 3) и винные сушеные дрожжи (образец № 12) оказались самыми медленными в размножении и скорости сбраживания.

По содержанию летучих компонентов все дистилляты не превышали значений стандарта. Наибольшее содержание сивушного масла и сложных эфиров спродуцировали штаммы дрожжей Vitilevure 58W3 (образец № 4), Vitilevure Albaflor (образец № 2), FRANCE CHAMPAGNE PREMIUM (образец № 9) и Vitilevure Multiflor (образец № 5), содержание сложных эфиров превосходило другие образцы в 1,2–1,6 раза. Это обусловило более выраженный фруктовый аромат данных сидровых материалов. Кроме того, у данных штаммов одни из лучших флокулирующих способностей, что способствует более

быстрому осветлению сидровых материалов. Штамм PRIMAVERA (образец № 10) хоть и имел лучшее время сбраживания, однако по содержанию сложных эфиров показал худший результат. В то время как штамм LALVINQA23 (образец № 6) имея лучшее время сбраживания, по содержанию сложных эфиров показал значения выше среднего.

Заключение

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод, что среди изученных штаммов дрожжей наиболее эффективными являются штаммы Vitilevure 58W3 (образец № 4), VitilevureMultiflor (образец № 5) и LALVINQA23 (образец № 6), так как показали лучшее время брожения и высокие органолептические характеристики. Таким образом, важным этапом в разработке технологий приготовления сидровых материалов высокого и стабильного качества является этап выбора наиболее подходящего для конкретных условий штамма дрожжей.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 27572–87. Яблоки свежие для промышленной переработки. Технические условия.
- Journal of The Institute of Brewing 2002. V.108. №2. P. 243-247.
- ГОСТ 32114–2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Методы определения массовой концентрации титруемых кислот.
- ГОСТ 32095–2013. Продукция алкогольная и сырье для ее производства. Метод определения объемной доли этилового спирта.
- ГОСТ 13192–73. Вина, виноматериалы и коньяки. Метод определения сахаров.
- ГОСТ 31820–2015. Сидры. Общие технические условия.
- ГОСТ 32039–2013. Водка и спирт этиловый из пищевого сырья. Газохроматографический метод определения подлинности.
- Process Biochemistry. 2003. V. 38. № 10. P. 1451-1456.

9 Meyers R.A. et al. Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation. Wiley, 2000. 14484 p.

10 Ли Э., Пиггот Дж. Спиртные напитки: Особенности брожения и производства. СПб.: Профессия, 2006. 552 с.

11 ГОСТ Р 51300–99. Кальвадосы Российские. Общие технические условия.

12 International Journal of Food Microbiology. 2000. V. 55. №1–3. P. 167-170.

REFERENCES

- GOST 27572–87 Yabloki svezhiye dlya promyshlennoy pererabotki. Tekhnicheskiye usloviya. [Apples are fresh for industrial processing. Technical conditions.] (in Russian)
- Journal of The Institute of Brewing. 2002. vol. 108. no. 2. pp. 243-247.
- GOST 32114–2013. Produktsiya alkogol'naya I syr'ye dlyay eye proizvodstva. Metody opredeleniya massovoy kontsentratsii titruemykh kislot. [Alcoholic products and raw materials for its production. Methods for determining the mass concentration of titrated acids] (in Russian)

4 GOST 32095–2013. Produktsiya alkogol'naya I syr'ye dlya yeve proizvodstva. Metod opredeleniya ob'yemnoy doli etilovogo spirta. [Alcoholic products and raw materials for its production. Method for the determination of the volume fraction of ethyl alcohol] (in Russian)

5 GOST 13192–73. Vina, vinomaterialy I kon'yaki. Metod opredeleniya sakharov. [Wines, wine materials and cognacs. Method for the determination of sugars] (in Russian)

6 GOST 31820–2012 Sidry. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya. [The ciders. General specifications.] (in Russian)

7 GOST 32039–2013. Vodka i spirt etilovyy iz pishchevogos yr'ya. Gazokhromatograficheskiy metod opredeleniya podlinnosti. [Vodka and ethyl alcohol from food raw materials. Gas chromatographic authentication method] (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Павел А. Чалдаев к.т.н., доцент, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, pal-sanych@mail.ru

Артем Г. Кашаев к.х.н., доцент, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, kaschaev.artem@yandex.ru

Антон Е. Леучев , , Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, l-toxa@mail.ru

Святослав С. Мальшкин , , Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская, 244, г. Самара, 443100, Россия, svyatoslavmal@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 24.04.2018

8 Process Biochemistry, 2003.vol. 38. no. 10. pp. 1451-1456.

9 Meyers R.A. et al. Encyclopedia of Analytical Chemistry: Applications, Theory and Instrumentation, Wiley, 2000. 14484 p.

10 Li E., Piggot D. Spirtnyye napitki: Osobennost' ibrozheniya I proizvodstva. [Alcoholic beverages: Features of fermentation and production] Saint-Petersburg, Professiya, 2006. 552 p. (in Russian)

11 GOST R 51300–99. Kal'vadosy Rossijskie. Obshhie tekhnicheskiye usloviya. [Calvados Russian. General specifications.] (in Russian)

12 International Journal of Food Microbiology, 2000. vol. 55. no. 1-3. pp. 167-170.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Pavel A. Chaldaev Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, pal-sanych@mail.ru

Artem G. Kashaev Cand. Sci. (Chem.), associate professor, department, Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, kaschaev.artem@yandex.ru

Anton E. Leuchev , , Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, l-toxa@mail.ru

Svyatoslav S. Malyshkin , , Samara State Technical University, Molodogvardeiskaya str., 244, Samara, 443100, Russia, svyatoslavmal@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.15.2018

ACCEPTED 4.24.2018

«Зеленые» технологии с применением двуокиси углерода в пищевой промышленности

Евгений П. Кошевой¹ Ep-koshevoi@mail.ru
Александр В. Гукасян¹ Aleksandr_Gukasyan@mail
Вячеслав С. Косачев¹ vs.kosachev@gmail.com

¹Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, Краснодар, 350072, Россия

Реферат. Опыт развития социальных государств свидетельствует о наличии прямой зависимости между экономическим, социальным и экологическим развитием и инновационной направленностью проводимой промышленной политики. Иными словами, главной целью промышленной политики должно стать обеспечение высокого уровня качества жизни, социальных гарантий и экологической безопасности, достигаемое путем инновационного развития определенного комплекса отраслей. Одной из таких отраслей является пищевая промышленность. Ее главная цель на современном этапе – обеспечение эколого-социального типа экономического роста. Инновации в пищевой промышленности, приносящие экономический, экологический и социальный эффекты должны стать приоритетными при формировании инновационно-промышленной политики. Таких инноваций в пищевой промышленности России разработано достаточно много, однако инструментов для стимулирования их внедрения явно не хватает. Рассматривая вопросы инновации в пищевой промышленности необходимо учитывать, что в настоящее время главное не только цена-качество, но экологическое и социальное воздействия на потребителей. Всем вопросам инноваций в пищевой промышленности необходимо больше внимания уделять развитию «Зеленых» технологий. Перспективными считаются растворители из числа сверхкритических жидкостей. В большинстве случаев применяется двуокись углерода из-за присущих ей преимуществ в CO₂. Применение в комплексе с отжимом мембранной экстракционной очистки получаемого масла с использованием двуокиси углерода позволяет представить эффективный комплекс «зеленую» технологию с использованием двуокиси углерода.

Ключевые слова: инновации, двуокись углерода, зеленые технологии, экстракция

"Green" technologies with use of carbon dioxide in the food industry

Evgenii P. Koshevoi¹ Ep-koshevoi@mail.ru
Aleksandr V. Gukasyan¹ Aleksandr_Gukasyan@mail
Vyacheslav S. Kosachev¹ vs.kosachev@gmail.com

¹Kuban state technological university, Moskovskaya str., 2, Krasnodar, 350072, Russia

Summary. The experience of the development of social States shows that there is a direct relationship between economic, social and environmental development and the innovative orientation of industrial policy. In other words, the main goal of industrial policy should be to ensure a high level of quality of life, social guarantees and environmental safety, achieved through the innovative development of a certain set of industries. One of these industries is the food industry. Its main goal at the present stage is to ensure ecological and social type of economic growth. Innovation in the food industry, bringing economic, environmental and social effects should be a priority in the formation of innovation and industrial policy. Such innovations in the food industry in Russia developed a lot, but the tools to stimulate their implementation is clearly not enough. When considering the issues of innovation in the food industry, it is necessary to take into account that at the present time the main thing is not only the price-quality, but environmental and social impact on consumers. All issues of innovation in the food industry need to pay more attention to the development of "Green" technologies. Solvents from among supercritical liquids are considered to be promising. Most carbon dioxide is used because of its inherent advantages in CO₂. Application in a complex with extraction of the membrane extraction purification of the received oil with use of carbon dioxide allows to present an effective complex "green" technology with use of carbon dioxide.

Keywords: innovation, carbon dioxide, green technology, extraction

Рассматривая вопросы развития производства продовольствия необходимо учитывать, что в настоящее время главное не только цена-качество, но экологические и медицинские воздействия [1, 2]. Практически это означает уделение большего внимания развитию «Зеленых» технологий [3, 4]. Главная цель развития на современном этапе – обеспечение эколого-социального типа экономического роста. Инновации в пищевой промышленности, приносящие экономический, экологический и социальный эффекты должны

стать приоритетными при формировании инновационно-промышленной политики [5].

Одним из важных направлений создания «Зеленой» технологии является использование сверхкритической и почти критической обработки с двуокисью углерода (CO₂) [6].

Учитывая большие перспективы использования CO₂ в КубГТУ развернуты исследования в этом направлении, результаты которых представлены в диссертационных работах докторских и кандидатских [7].

Для цитирования

Кошевой Е.П., Гукасян А.В., Косачев В.С. «Зеленые» технологии с применением двуокиси углерода в пищевой промышленности // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 225–228. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-225-228

For citation

Koshevoi E.P., Gukasyan A.V., Kosachev V.S. "Green" technologies with use of carbon dioxide in the food industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 225–228. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-225-228

Двуокись углерода при относительно низкой температуре 31,1 °С приобретает состояние близкое к критической точке (T_c , P_c), при которой фазы жидкости и пара принимают равные удельные веса и сливаясь формируют единственную фазу, физические свойства которой промежуточные к тем из соответствующих жидкостей и газов. При простой разгерметизации происходит разделение растворов, что важно для операции экстракции. Хотя есть несколько веществ, критические температуры которых достаточно умеренные (<100 °С), двуокись углерода имеет наибольшую практическую приемлемость из-за своих свойств – доступна, невоспламеняющаяся, обладает относительно низкой токсичностью. К сожалению, CO_2 – слабый растворитель, что мешает использовать его для процессов, где требуется существенная растворимость высокой молекулярной массы и / или полярных компонентов. Также необходимость в высоких давлениях, что делает экстракционное оборудование дорогим. Эффект экстракции сильно зависит от режимных параметров и, следовательно, сохраняются «зеленые» преимущества использования CO_2 .

Число предприятий, работающих во всем мире, которые используют сверхкритический CO_2 , в настоящее время выше 100 и устойчиво растет. Большинство действующих заводов использует CO_2 , чтобы обработать пищевые материалы в некотором роде (извлечение или разделение). Несмотря на этот устойчивый рост, есть общее мнение в пределах проектировщиков в пределах индустриальных сообществ, что есть элементы, связанные с проектированием и строительством основанных на CO_2 заводов, которые эффективно блокируют большее использование этой технологии [8].

В то время как использование CO_2 как растворитель, часто считается "зеленой" операцией любого процесса при высоком давлении, что приводит к более высокой стоимости, чем аналогичный процесс, которым управляют при одной атмосфере. Если такой процесс будут считать "зеленым", но не смогут создавать и управлять экономно, то процесс будет иметь академический интерес только и его потенциальная «зеленая» технология неосуществленная выгода. Есть некоторые простые "эмпирические правила", которые можно использовать, чтобы сделать стоимость основанного на CO_2 процесса максимально низкой [9].

Один путь, которым можно минимизировать стоимость основанного на CO_2 процесса, состоит в том, чтобы минимизировать размер оборудования. Учитывая, что CO_2 как правило, предлагается как растворитель, самое очевидное средство, которым можно минимизировать

размер оборудования, состоит в том, чтобы минимизировать количество растворителя (CO_2), текущий посредством процесса. Следовательно, нужно попытаться выбрать или проектировать вещества, таким образом, что они показывают высокую растворимость в CO_2 .

Анализ фазовых состояний систем твердое–жидкость и жидкость–жидкость с CO_2 показал, что в системе жидкость – жидкость позволяет использовать меньше CO_2 [10].

Операция процесса при высоком давлении более дорогая, чем процесс при атмосферном давлении. Эти затраты идут на проектирование и строительство оборудования, а также на дополнительное оборудования системы безопасности, которое необходимо. Отметим, что капитальные затраты процесса с высоким давлением не линейны с давлением, потому что оценки давления определенного вспомогательного оборудования доступны в дискретных шагах (60, 100 бар, например). Кроме того, число компаний с опытом в проектировании процесса с высоким давлением понижается резко, когда рабочее давление повышается выше 200 бар. В сложившейся обстановке действует рекомендация работать при самом низком возможном давлении.

Учитывая, что углекислый газ –относительно слабый растворитель, известный способ понизить рабочее давление (или поднять операционную концентрацию) использовать соразтворители и наиболее применяемым является этанол.

Было упомянуто в литературе, что использование CO_2 как растворителя выгодно, потому что сокращение давления на 1 атмосферу приводит к полному осаждению любого растворенного материала, осуществляя легкое извлечение продукта. Это может быть верно, но использование такого маршрута для извлечения продукта поднимает затраты, так как необходимо также повторно сжимать CO_2 . Поскольку газовое сжатие энергоемкое и дорогое, более «зеленый» путь к извлечению продукта желателен.

Работа в непрерывном режиме может позволить использовать оборудование меньших размеров, поддерживая высокую производительность. В то время как это обычно применимо для жидких веществ, это может быть намного более трудно для обработки твердых частиц в высоком давлении. Действительно, в настоящее время не существует жизнеспособное средство для подачи и удаления твердых частиц непрерывно из процесса под высоким давлением (100 бар и более). Те коммерческие, основанные на CO_2 , процессы, которые используют твердые частицы, применяют или периодический или полупериодический способы. Это не означает, что такие процессы незначительны – напротив, несколько были коммерциализированы, включая

извлечение кофеина из кофейных зерен, α -кислот из хмеля и различных компонентов из растительных пряностей.

Существует множество областей (в том числе и пищевая промышленность), где непрерывный ввод и удаление твердых частиц очень увеличили бы экономическую жизнеспособность CO_2 -базируемого процесса, но нехватка механических средств, которыми можно этого достигнуть, сводит процесс полунепрерывному и периодическому.

В итоге внимание должно всегда обращаться на экономическую жизнеспособность процессов, использующих CO_2 как реагент и/или растворитель – в то время как основанные на CO_2 процессы, как вообще думают, "зеленые", их выгода никогда не будет пониматься, если стоимость таких процессов превзойдет обычные аналоги.

Экстрагирование и отжим – основные способы извлечения компонентов веществ из растительного сырья.

Экстрагирование – процесс извлечения компонентов с применением растворителя, а при отжиме извлечение жидких компонентов происходит при прессовании структуры растительного сырья. Главные недостатки экстрагирования органическими растворителями – их пожароопасность и опасность в отношении здоровья обслуживающего персонала при контакте с парами растворителя, а также высокие

энергетические затраты для полного удаления растворителя из продуктов (масла и шрота), что необходимо для защиты потребителей продуктов.

Механизмом основной стадии процесса экстрагирования является диффузия, которой происходит перенос растворимых веществ из внутреннего объема к поверхности и далее во внешний объем растворителя [11].

Механизм отжима отличается от механизма экстрагирования, но методы подготовки исходного материала практически те же. Процесс отжима с применением экструдеров дает 80%-ый выход масла с хорошим качеством. Имеются возможности дополнительно увеличить выход масла при экструдировании до 90%, добавляя растворитель во время экструдирования. Перспективными считаются растворители из числа сверхкритических жидкостей. В большинстве случаев применяется двуокись углерода из-за присущих ей преимуществ в CO_2 . Главную задачу, которую необходимо решить – снизить давление в рабочей зоне экструдера и при этом увеличить эффективность отжима, что делает отжим конкурентоспособным с экстракционным извлечением масла. Применение в комплексе с отжимом мембранной экстракционной очистки получаемого масла с использованием двуокиси углерода позволяет представить эффективный комплекс «зеленую» технологию с использованием двуокиси углерода.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Boye J.I., Arcand Y. Editors Green Technologies in Food Production and Processing. Springer, 2012
- 2 FAO. 2009d. Declaration of the world summit on food security. URL: <http://www.fao.org/>.
- 3 FAO. 2009e. Report of the twenty-first session of the Committee on Agriculture (COAG). URL: <ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/016/k4952e01.pdf>
- 4 Toledo Á., Burlingame B. Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development // Journal of Food Composition and Analysis. 2006. № 19(6–7). P. 477–483.
- 5 Антипов С.Т., Журавлев А.В., Казарцев Д.А., Мордасов А.Г. и др. Инновационное развитие техники пищевых технологий. СПб., М., Краснодар, 2016.
- 6 Кошевой Е.П., Блягоз Х.Р. Экстракция двуокисью углерода в пищевой технологии. Майкоп, 2000. 495 с.
- 7 Гукасян А.В. Совершенствование и обоснование эффективного мембранного массообменника для экстракционного разделения жидких смесей: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Краснодар: КубГУ, 2004
- 8 Гукасян А.В. Перспективы развития инновационных пищевых технологий с применением обработки двуокисью углерода // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2016. № 14. С. 245–250

9 Меретуков З.А., Заславец А.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С. Методы решения дифференциальных уравнений гидродинамики // Новые технологии. 2012. № 1. С. 36–41.

10 Заславец А.А., Схалыхов А.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С. и др. Гидравлика реверсивного течения внутри мембраны контактора // Новые технологии. 2013. № 2. С. 91–94.

11 Gukasyan A.V. Identification of rheological dependencies of oil material processed in a screw press // International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2017. V. 8. № 10. P. 708–718.

REFERENCES

- 1 Boye J.I., Arcand Y. Editors Green Technologies in Food Production and Processing. Springer, 2012
- 2 FAO. 2009d. Declaration of the world summit on food security. Available at: <http://www.fao.org/>.
- 3 FAO. 2009e. Report of the twenty-first session of the Committee on Agriculture (COAG). Available: <ftp.fao.org/docrep/fao/meeting/016/k4952e01.pdf>
- 4 Toledo Á., Burlingame B. Biodiversity and nutrition: A common path toward global food security and sustainable development. Journal of Food Composition and Analysis. 2006. no. 19(6–7). pp. 477–483
- 5 Antipov S.T., Zhuravlev A.V., Kazartsev D.A., Mordasov A.G. et al. Innovacionnoe razvitie tekhniki pishchevyh tekhnologij [Innovative development of food technology technology] Saint-Petersburg, Moscow, Krasnodar, 2016. (in Russian)

6 Koshevoj E.P., Blyagoz H.R. Ekstrakciya dnuokis'yu ugleroda v pishchevoj tekhnologii. [Extraction of carbon dioxide in food technology] *Majkop*, 2000. 495 p. (in Russian)

7 Gukasyan A.V. Sovershenstvovanie I obosnovanie ehffektivnogo membrannogo massoobmennika dlya ehkstrakcionnogo razdeleniya zhidkih smesej. [Perfection and justification of an effective membrane mass exchanger for extraction separation of liquid mixtures] Krasnodar, 2004 (in Russian)

8 Gukasyan A.V. Prospects for the development of innovative food technologies with the application of carbon dioxide treatment. *Nauchnye trudy Kubanskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений П. Кошевой д.т.н., профессор, кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, Краснодар, 350072, Россия, Ep-koshevoi@mail.ru.ru

Александр В. Гукасян к.т.н., зав. кафедрой, кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, Краснодар, 350072, Россия, Aleksandr_Gukasyan@mail

Вячеслав С. Косачев д.т.н., профессор, кафедра технологического оборудования и систем жизнеобеспечения, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, Краснодар, 350072, Россия, vs.kosachev@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 14.05.2018

[Scientific works of the Kuban State Technological University] 2016. no. 14. pp. 245–250 (in Russian)

9 Meretukov Z.A., Zaslavec A.A., Koshevoj E.P., Kosachev V.S. Methods for solving differential equations of hydrodynamics. *Novye tekhnologii* [New technologies] 2012. no. 1. pp. 36-41. (in Russian)

10 Zaslavec A.A., Skhalyahov A.A., Koshevoj E.P., Kosachev V.S. et al. Reverse-flow hydraulics inside the contactor membrane. *Novye tekhnologii*. [New technologies] 2013. no. 2. pp. 91-94. (in Russian)

11 Gukasyan A.V. Identification of rheological dependencies of oil material processed in a screw press. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2017. vol. 8. no. 10. pp. 708–718.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgenii P. Koshevoi Dr. Sci. (Engin.), professor, Technological Equipment and Life Support Systems Department, Kuban state technological university, Krasnodar, Moskovskaya str., 2, 350072, Russia, Ep-koshevoi@mail.ru.ru

Aleksandr V. Gukasyan Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Technological Equipment and Life Support Systems Department, Kuban state technological university, Krasnodar, Moskovskaya 2, 350072, Russia, Aleksandr_Gukasyan@mail

Vyacheslav S. Kosachev Dr. Si. (Engin.), professor, Department of Technological Equipment and Life Support Systems, Kuban state technological university, Krasnodar, Moskovskaya str., 2, 350072, Russia, vs.kosachev@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.15.2018

ACCEPTED 5.14.2018

Ягоды и косточковые плоды Самарского региона урожая 2016 года из коллекции НИИ «Жигулевские сады» как перспективное сырье в пищевой промышленности

Софья А. Алексашина	¹	vsasofi@rambler.ru
Надежда В. Макарова	¹	makarovanv1969@yandex.ru
Любовь Г. Деменина	²	golden-apple08@mail.ru
Мария И. Антипенко	²	

¹ Самарский Государственный Технический университет, ул. Молодогвардейская 244, 443100, Самара, Россия

² Научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений «Жигулевские сады», 18 км, поселок опытной станции по садоводству, 443072, Самара, Россия

Реферат. Одним из важнейших компонентов рациона питания человека по праву можно считать ягоды и косточковые плоды. Они богаты не только сахарами, органическими кислотами, но и такими биологически активными веществами, как антиоксиданты. В совокупности представленные показатели (химический состав и антиоксидантная активность) важны не только для стабильной работы организма человека, но и технологического процесса при переработки растительного сырья. При анализе химического состава ягод и косточковых плодов из коллекции НИИ «Жигулевские сады» было выявлено, что на определяемые показатели влияет сортность сырья. Наибольшее значение растворимых сухих веществ занимают образцы абрикоса (лидирует сорт Круглый), смородины черной (лидирует сорт Орловия), малины (лидирует сорт Бальзам). Наименьшее значение растворимых сухих веществ отмечено у земляники сорта Кама. Анализируемые ягоды и плоды отличаются содержанием органических кислот незначительно. Максимальным содержанием сахаров характеризуется сорта абрикоса, противоположное минимальное значение наблюдалось у черной смородины. В исследуемых плодах наибольшее содержание фенолов зафиксировано у смородины черной. Наибольшим содержанием флавоноидов в 100 граммах исходного сырья отличаются сорта: земляники Фестивальная, смородины черной Перун, абрикоса Хабаровский и малины Бальзам. Низкие результаты показал абрикос (сорт Круглый, Погремोक). Высокую антиоксидантную активность проявили сорта малины Любетовская и Бальзам. Химический состав и антиоксидантная активность плодов и ягод играют важную роль не только для организма человека, но и для технологического процесса при их переработке. По этой причине анализ исходного сырья является важным этапом в разработке и изготовлении продуктов питания.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, косточковые плоды, ягоды

Berries and large fruits of the Samara region harvest 2016 year of the collection of the research institute «Zhigulevsky garden» as a perspective raw material in the food industry

Sof'ya A. Aleksashina	¹	vsasofi@rambler.ru
Nadezhda V. Makarova	¹	makarovanv1969@yandex.ru
Lubov' G. Demenina	²	golden-apple08@mail.ru
Mariya I. Antipenko	²	

¹ Samara State Technical university, Molodogvardeyskaya street building №244, 4443100, Samara, Russia

² Research Institute of Horticulture and drug plants Zhigulevskie sady, Gardening Experimental Station, 18 km, 443072, Samara, Russia

Summary. One of the most important components of the human diet is the berries and stone fruits. They are rich in sugars, organic acids and biologically active substances - antioxidants. Together, the presented indicators (chemical composition and antioxidant activity) are important for the stable operation of the human body and the technological process when processing plant materials. When analyzing the chemical composition of berries and large fruits from the collection of the Research Institute "Zhigulevskie Gardens", it was revealed that the grade of raw materials influences the determined indexes. The highest value of soluble solids is occupied by the samples of apricot (leading Krugly variety), Black currant (leading Orloviya variety), raspberry (Balzam is leading). The lowest value of soluble solids was observed in strawberry varieties Kama. Analyze berries and fruits differ in the content of organic acids slightly. The maximum content of sugars in apricot, and the minimum for black currant. In the studied fruits, the highest content of phenols was recorded in the black currant. The varieties of flavonoids are different: strawberry Festivalaya, black currant Perun, apricot Khabarovskiy and raspberry Balzam. Low results showed apricot (grade Krugly, Pogremok). The high antioxidant activity was shown by the raspberry varieties Lyubetovskaya and Balzam. The chemical composition and antioxidant activity of fruits and berries play an important role not only for the human body, but also for the technological process during their processing. For this reason, analysis of the feedstock is an important stage in the development and manufacture of food products with a directed antioxidant effect.

Keywords: antioxidant activity, stone fruits, berries

Для цитирования

Алексашина С.А., Макарова Н.В., Деменина Л.Г., Антипенко М.И. Ягоды и косточковые плоды Самарского региона урожая 2016 года из коллекции НИИ «Жигулевские сады» как перспективное сырье в пищевой промышленности // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 229–235. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-229-235

For citation

Aleksashina S.A., Makarova N.V., Demenina L.G., Antipenko M.I. Berries and large fruits of the Samara region harvest 2016 year of the collection of the research institute «Zhigulevsky garden» as a perspective raw material in the food industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 229–235. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-229-235

Введение

Ягоды и косточковые плоды – важнейшие составляющие рациона питания человека. Пищевая промышленность предлагает их потребителю не только в свежем виде, но и в сушеном, замороженном, а также как полуфабрикаты (концентраты, пюре, джемы) и добавки к продуктам питания (напитки, готовые блюда общественного питания, кондитерские изделия).

Химический состав плодов очень важен, так как сахара в сочетании с органическими кислотами и прочими веществами обуславливают их вкус и технологические особенности. Органические кислоты благоприятно действуют на пищеварение, усиливают секрецию желез желудка, помогают действию желудочного сока, усиливают перистальтику кишечника [1].

Антиоксиданты – вещества, приобретающие все большую популярность. Их действие на организм человека интересует не только медиков, работников пищевой промышленности, фармацевтов, но и обычных рядовых потребителей. Неблагоприятные факторы окружающей среды приводят к образованию в организме избыточного количества свободных радикалов и окислительному повреждению органических макромолекул. Повышенный уровень антиоксидантов в организме сдерживает их негативное воздействие, тем самым замедляя процесс старения.

Основные природные антиоксиданты, содержащиеся в плодах и продукции из них – это флавоноиды, фенольные соединения (кверцетин, катехины, флоридзин, хлорогеновая кислота), антоцианы, витамины С и Е, каротиноиды, карбоновые и аминокислоты и др. [2, 3].

Химический состав и антиоксидантная активность плодов и ягод играют важную роль не только для организма человека, но и для технологического процесса при их переработке. По этой причине, анализ исходного сырья является важным этапом в разработке и изготовлении продуктов питания с направленным антиоксидантным действием.

Материалы и методы

Цель наших исследований – оценка химического состава плодов и антиоксидантной активности перспективных сортов ягодных и косточковых культур.

Работа выполнена в 2016 году на базе ФГБОУ ВО Самарского государственного технического университета. Объекты исследования: сорта смородины черной (Перун, Орловия, Лентяй), малины (Бальзам, Любетовская, Вольница), земляники (Блестящая, Кама, Фестивальная)

и абрикоса (Хабаровский, Погремок, Круглый), собранные в сезон 2016 года в коллекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады».

Содержание биологически активных веществ в плодах определяли в период потребительской зрелости. В ходе исследований использовали фотоэлектроколориметр КФК-03-01.

В качестве методов анализа химического состава выбрано определение растворимых сухих веществ (РСВ), титруемой кислотности, редуцирующих сахаров.

Содержание сухих растворимых веществ определялось по ГОСТ ISO 2173-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ»; общее содержание кислот по ГОСТ ISO 750-2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Определение титруемой кислотности» потенциометрическим методом, основанным на титровании исследуемого раствора до значения pH 8,1 раствором 0,1 М гидроокиси натрия; содержание сахаров – фотоколориметрическим методом по ГОСТ 8756.13-87 «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сахаров».

Для определения антиоксидантной активности – общее содержание фенолов, флавоноидов, антоцианов, способность улавливать свободные радикалы по методу DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил), железовосстанавливающей силы по методу FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power), антиоксидантной активности в системе линолевая кислота.

Экстракцию антиоксидантов из анализируемого сырья производили водно-этанольным раствором (1:1). Повторность опытов трехкратная, обработку экспериментальных данных проводили методами математической статистики.

Основная методика для определения фенольных веществ в анализируемом сырье – спектрофотометрический метод с реактивом Folin-Ciocalteu [4]. Суммарное содержание фенолов выражено как эквивалент мг галловой кислоты/100 г.исходного сырья. Экстракт смешивали с реактивом Folin-Ciocalteu и насыщенным раствором карбоната натрия в соотношении 1:1:2. В конечной смеси измеряли коэффициент поглощения при длине волны 715 нм на приборе КФК-03-01. [5].

Общее содержание флавоноидов было определено спектрофотометрическим методом, основанным на формировании флавоноид-алюминиевого комплекса при длине волны 510 нм. Суммарное содержание флавоноидов выражено как эквивалент мг катехина/100 г.исходного вещества по калибровочной кривой [6].

Изучение DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) теста проводилось со спиртовым раствором радикала DPPH при длине волны 517 нм. В результате статических испытаний измерения были проведены через 30 мин и построены кривые зависимости ингибирования радикалов DPPH от концентрации исходного антиоксиданта.

Метод по восстановлению антиоксидантами железа (FRAP) [7] осуществляет прямое определение низкомолекулярных антиоксидантов. Измерения основаны на способности антиоксидантов подавлять окислительный эффект реакционных частиц, генерируемых в реакционной смеси.

Способ определения антиоксидантной активности в системе линолевой кислоты заключается в фотокolorиметрии железотиацианатных

комплексов [8]. По этому способу образец смешивают с 1 мл этанола (в соотношении 1:1 с дистиллированной водой), 1 мл раствора линолевой кислоты и 1 мл фосфатного буфера. Смесь инкубируют при 40 °С в течении 120 ч, после чего определяют концентрацию гидропероксидов по железотиацианатному методу: к смеси добавляют 15% раствор этанола, 30% NH₄CNS. Через 3 мин добавляют FeCl₂, и измеряют оптическую плотность при 500 нм.

Результаты и обсуждение

Результаты определения химического состава изученных плодов приведены в таблице 1. По данным таблицы видно, что показатели химического состава варьируют не только в зависимости от вида анализируемых плодов, но и от сорта.

Таблица 1.

Содержание сухих растворимых веществ, органических кислот, сахаров в плодах различных сортов

Table 1.

The content of dry soluble substances, organic acids, sugars in fruits of different varieties

Сорт Variety	Показатель Index		
	Растворимые сухие вещества (Soluble solids), %	Органические кислоты (Organic acids)*, %	Сахара (Sugar), %
<u>Смородина черная Blackcurrant</u>			
Перун	15,5	0,12	9,58
Орловия	16,2	0,19	9,70
Лентяй	14,9	0,12	8,07
<u>Малина Raspberry</u>			
Бальзам	12,5	0,64	9,66
Любетовская	12,0	2,12	9,74
Вольница	9,9	2,0	9,67
<u>Земляника Strawberry</u>			
Блестящая	5,5	0,50	9,9
Кама	3,9	0,58	9,8
Фестивальная	5,8	0,81	9,8
<u>Абрикос Apricot</u>			
Хабаровский	12,0	0,3	11,4
Погремок	14,0	0,5	11,0
Круглый	16,3	0,35	11,5

Примечание: * в пересчете на лимонную кислоту (in terms of citric acid)

Наибольшее значение РСВ (растворимых сухих веществ) занимают образцы абрикоса (лидирует сорт Круглый 16,3%), смородины черной (лидирует сорт Орловия 16,2%), малины (лидирует сорт Бальзам 12,5%). Наименьшее значение РСВ отмечено у земляники сорта Кама – 3,9%. Анализируемые образцы растительного сырья с наибольшими показателями РСВ обладают более ярко выраженным ароматическими, вкусовыми качествами, а также более интенсивной окраской. Объяснить это можно наибольшей концентрацией глюкозы, фруктозы, сахарозы, спиртов, органических кислот, пектина, жиров, азотсодержащих соединений, ароматических и красящих веществ, обуславливающих вкус, аромат, цвет и питательную ценность плодов.

Представленные плоды отличаются содержанием органических кислот незначительно.

Однако, сорта малины Любетовская и Вольница доминируют над остальными: 2,12% и 2,0% соответственно.

Максимальным содержанием сахаров характеризуются сорта абрикоса (11,0–11,5%). Так же необходимо отметить незначительную разницу в полученных данных внутри видов анализируемых плодов. Однако, самый минимальный результат показала смородина черная сорта Лентяй (8,07%), что подтверждает и более кислый вкус ягоды.

Р-активные соединения (группа веществ фенольного происхождения: катехины, антоцианы, лейкоантоцианы, флавоновые гликозиды и др.) способствуют выведению из организма человека токсичных веществ, обладают антимикробными свойствами, а так же влияют на проницаемость и эластичность капиллярных сосудов [9].

Результаты определения содержания фенолов, флавоноидов приведены в таблице 2.

Таблица 2.

Содержание фенольных веществ и флавоноидов в плодах различных сортов

Table 2.

The content of phenolic substances and flavonoids in fruits of various varieties

Сорт/Variety	Показатель Index	
	Общее содержание фенолов, мг галловой кислоты/100 г. исходного сырья Total content of phenols, mg of gallic acid/100 g of feedstock	Общее содержание флавоноидов, мг катехина/100 г. исходного сырья Total content of flavonoids, mg catechin/100 g of raw material
<u>Смородина черная Black currant</u>		
Перун	688	161
Орловия	582	149
Лентяй	525	98
<u>Малина Raspberry</u>		
Бальзам	371	112
Любетовская	461	67
Вольница	445	98
<u>Земляника Strawberry</u>		
Блестящая	483	172
Кама	355	201
Фестивальная	493	232
<u>Абрикос Apricot</u>		
Хабаровский	195	113
Погремок	178	69
Круглый	189	61

В исследуемых плодах наибольшее содержание фенолов зафиксировано у смородины черной (лидирует сорт Перун – 688 мг галловой кислоты/100 г.исходного сырья). У сортов малины и земляники концентрация фенолов несколько ниже, чем у смородины черной: 371–461 и 355–493 мг галловой кислоты/100 г. исходного сырья соответственно. У сортов абрикоса концентрация фенолов: 178–195 мг галловой кислоты/100 г.исходного сырья.

Наибольшим содержанием флавоноидов в 100 граммах исходного сырья отличаются

сорта: земляника Фестивальная – 232, смородина черная Перун – 161, абрикос Хабаровский – 113, малина Бальзам – 112 мг катехина. Низкие результаты показали абрикос (сорт Круглый, Погремок: 61 и 69 мг катехина/100 г.исходного сырья), малина (сорт Любетовская – 67 мг катехина/100 г.исходного сырья).

Результаты определения антиоксидантных свойств по методам DPPH, FRAP представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Антирадикальная и антиоксидантная активность в плодах различных сортов

Table 3.

Antiradical and antioxidant activity in fruits of various varieties

Сорт/Variety	Показатель Index	
	DPPH, E _{C50} , мг/см ³	FRAP, значение, моль Fe ²⁺ /1 кг исходного сырья
<u>Смородина черная Black currant</u>		
Перун	24	16,56
Орловия	19	15,12
Лентяй	31	16,20
<u>Малина Raspberry</u>		
Бальзам	24	18,18
Любетовская	13	17,10
Вольница	17	17,46
<u>Земляника Strawberry</u>		
Блестящая	29	15,84
Кама	62	12,96
Фестивальная	9	16,38
<u>Абрикос Apricot</u>		
Хабаровский	101	5,49
Погремок	86	5,94
Круглый	99	0,54

Земляника сорта Фестивальная имеет высокую антирадикальную активность (определенных методом DPPH) по сравнению с другими исследуемыми образцами – 9 мг/см³. Так же достаточно хорошие результаты показали малина Любетовская, Вольница, смородина черная Орловия (13, 17, 19 мг/см³соответственно). Самые низкие результаты показали сорта абрикоса (101–86 мг/см³соответственно).

Самая высокая активность по методу FRAP отмечена у сортов малины (17,1–18,18 моль Fe²⁺/1 кг исходного сырья). Противоположно низкие результаты показал абрикос (0,54–5,94 моль Fe²⁺/1 кг исходного сырья). В целом

полученные данные разнятся как внутри видов, так и сортов анализируемого сырья.

Результаты определения антиоксидантных свойств в системе линолевой кислоты и антоцианов представлены в таблице 4.

При изучении антиоксидантных свойств плодов в системе линолевой кислоты было обнаружено, что образцы смородины черной сорта Орловия и абрикоса сорта Погремок не обладают способностью ингибировать окисление полиненасыщенных жирных кислот. Наилучший результат показала малина сортов Бальзам (51,5%) и Любетовская (53,1%).

Таблица 4.

Антиоксидантная активность в системе линолевая кислота и содержание

Table 4.

Antioxidant activity in the linoleic acid system and content

Сорт Variety	Показатель Index	
	% ингибирования окисления линолевой кислоты % inhibition of the oxidation of linoleic acid	Содержание антоцианов, мг цианидин-3-гликозида/100 г.сырья The content of anthocyanins, mg cyanidine 3 glycoside / 100 g of raw material
<u>Смородина черная</u> <u>Black currant</u>		
Перун	13,7	222,67
Орловия	Не обнаружено Not detected	230,98
Лентяй	7,8	230,81
<u>Малина Raspberry</u>		
Бальзам	51,5	110,14
Любетовская	53,1	95,27
Вольница	30,6	53,2
<u>Земляника</u> <u>Strawberry</u>		
Блестящая		57,83
Кама	20,9	220,96
Фестивальная	40,818,3	89,42
<u>Абрикос Apricot</u>		
Хабаровский	5,3	Не обнаружено Not detected
Погремок	Не обнаружено Not detected	Не обнаружено Not detected
Круглый	6,3	Не обнаружено Not detected

Антоцианы – вещества, дающие красно-фиолетовую окраску плодам растений. Наиболее интенсивным цветом отличается смородина черная, что подтверждено результатами исследований: сорта Перун, Лентяй, Орловия (соответственно 222,67; 230,81; 230,98 мг цианидин-3-гликозида/100 г. сырья). Земляника сорта «Кама» так же показала достаточно высокий результат, сравнимый со смородиной черной – 220,96 мг цианидин-3-гликозида/100 г.сырья. Анализируемым сортам абрикоса присуща окраска от бледно-желтого до насыщенно желтого, без красного «загара». Антоцианы в представленных образцах абрикоса не обнаружены.

Заключение

Таким образом, на основании проведенных исследований определен химический состав и антиоксидантная активность в плодах перспективных сортов ягодных и косточковых культур из коллекции ГБУ СО НИИ «Жигулевские сады». Выделены сорта – рекордсмены: по концентрации РСВ – абрикос Круглый (16,3%), смородина черная Орловия (16,2%); с максимальным накоплением органических кислот – малина Любетовская (2,12%) и Вольница (2,0%); с наибольшим содержанием сахаров – сорта абрикоса (11,0 – 11,5%); с высоким содержанием фенолов – сорт смородины черной

Перун (688 мг галловой кислоты/100 г. исходного сырья), флавоноидов – сорта земляники Фестивальная, Кама (232 и 201 мг катехина/100 г.исходного сырья соответственно). Высокую антиоксидантную активность показали сорта малины Любетовская (53,1%) и Бальзам (51,5%) и высокое содержание антоцианов сорта смородины черной Орловия, Лентяй, Перун и земляники

Кама (230,98; 230,81; 222,67 и 220,96 мг цианидин-3-гликозида/100 г.сырья соответственно).

Выделенные сорта ягодных и косточковых культур представляют интерес для использования в сельскохозяйственной и пищевой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мясищева И.В., Артемова Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3. С. 36.
2. Прида А.И., Иванова Р.И. Природные антиоксиданты полифенольной природы (Антирадикальные свойства и перспективы использования) // Пищевые ингредиенты. Сырье и добавки. 2004. № 2. С. 76–78.
3. Oszmiacski J., Wojdyio A. Effects of black-currant and apple mash blending on the phenolics contents, antioxidant Capacity, and color of juices // Czech J. Food Sci. 2009. V. 27. №. 5. P. 338–351.
4. Wijngaard H.H., Role C., Brunton N. A survey of Irish fruit and vegetable waste and byproducts as a source of polyphenolic antioxidants // Food Chemistry. 2009. V. 116. № 1. P. 202–207.
5. Zin Z.M., Hamid A.A., Osman A., Saari N. Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morindacitrifolia* L.) // Food Chemistry. 2006. V. 94. № 2. P.169–178.
6. Benzie I.F., Strain J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of «antioxidant power»: the FRAP assay // Analytical Biochemistry. 1996. V. 239. P. 70–76.
7. Netzel M., Netzel G., Tian Q. et al. Sources of antioxidant activity in Australian native fruits. Identification and quantification on anthocyanins // J. of Agricultural and Food Chemistry. 2006. V. 54. № 26. P. 9820–9826.
8. Chung S.K., Osawa T. Hydroxy radical scavengers from white mustard (*Sinapisalba*) // Food Science and Biotechnology. 1998. V. 7. № 4. P. 209–213.
9. Запрометов М.Н. Основы биохимии фенольных соединений. М.: Высшая школа, 1974. 212 с.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Софья А. Алексашина аспирант, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский Государственный Технический Университета, ул. Молодогвардейская, 244, 443100, Самара, Россия, vsasofi@rambler.ru

Надежда В. Макарова д.х.н., профессор, кафедра технологии и организации общественного питания, Самарский Государственный Технический Университет, ул. Молодогвардейская, 244, 443100, Самара, Россия, makarovnv1969@yandex.ru

Любовь Г. Деменина ведущий научный сотрудник, научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений, «Жигулевские сады», 18 км, поселок опытной станции по садоводству, 443072, Самара, Россия, golden-apple08@mail.ru

REFERENCES

1. Myasishheva I.V., Artemova E.N. Study of biologically active substances of black currant berries during storage. *Tekhnika I tekhnologiya pishhevykh proizvodstv* [Technology and technology of food production] 2013. no. 3. pp. 36. (in Russian)
2. Prida A.I., Ivanova R.I. Natural antioxidants of polyphenolic nature (Antiradical properties and prospects of use). *Pishheveyeingredienty. Syr'e i dobavki*. [Food ingredients. Raw materials and additives.] 2004. no. 2. pp. 76–78. (in Russian)
3. Oszmiacski J., Wojdyio A. Effects of black-currant and apple mash blending on the phenolics contents, antioxidant Capacity, and color of juices. *Czech J. Food Sci.* 2009. vol. 27. no. 5. pp. 338–351.
4. Wijngaard H.H., Role C., Brunton N. A survey of Irish fruit and vegetable waste and byproducts as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry.* 2009. vol. 116. no. 1. pp. 202–207.
5. Zin Z.M., Hamid A.A., Osman A., Saari N. Antioxidative activities of chromatographic fractions obtained from root, fruit and leaf of Mengkudu (*Morindacitrifolia* L.). *Food Chemistry.* 2006. vol. 94. no. 2. pp. 169–178.
6. Benzie I.F., Strain J.J. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of «antioxidant power»: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry.* 1996. vol. 239. pp. 70–76.
7. Netzel M., Netzel G., Tian Q. et al. Sources of antioxidant activity in Australian native fruits. Identification and quantification on anthocyanins. *J. of Agricultural and Food Chemistry.* 2006. vol. 54. no. 26. pp. 9820–9826.
8. Chung S.K., Osawa T. Hydroxy radical scavengers from white mustard (*Sinapisalba*). *Food Science and Biotechnology.* 1998. vol. 7. no. 4. pp. 209–213.
9. Zaprometov M.N. *Osnovy biokhimii fenol'nykh soedinenij* [Fundamentals of biochemistry of phenolic compounds] Moscow, Vysshaya shkola, 1974. 212 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sof'ya A. Aleksashina graduate student, Technology and organization of public catering department, Samara state technical university, Molodogvardeyskaya str., 244, 4443100, Samara, Russia, vsasofi@rambler.ru

Nadezhda V. Makarova Dr. Sci. (Chem.), professor, Technology and organization of public catering department, Samara state technical university, Molodogvardeyskaya str., 244, 4443100, Samara, Russia, makarovnv1969@yandex.ru

Lubov' G. Demenina leading researcher, Research Institute of Horticulture and drug plants, Zhigulevskie sady, Gardening Experimental Station, 18 km, 443072, Samara, Russia, golden-apple08@mail.ru

Мария И. Антипенко к.с.-х.н., ведущий научный сотрудник, научно-исследовательский институт садоводства и лекарственных растений, «Жигулевские сады», 18 км, поселок опытной станции по садоводству, 443072, Самара, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Софья А. Алексахина написала рукопись и несёт ответственность за плагиат, обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

Надежда В. Макарова выполнила расчёты, корректировала рукопись до ее подачи в редакцию

Любовь Г. Деменина корректировала рукопись до ее подачи в редакцию

Мария И. Антипенко корректировала её до подачи в редакцию

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 13.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 05.04.2018

Mariya I. Antipenko Cand. Sci. (Agricul.), leading researche, Research Institute of Horticulture and drug plants, Zhigulevskie sady, Gardening Experimental Station, 18 km, 443072, Samara, Russia

CONTRIBUTION

Sof'ya A. Aleksashina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism, review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

Nadezhda V. Makarova performed computations, wrote the manuscript, correct the manuscript before filing in editing and is responsible for plagiarism

Lubov' G. Demenina wrote the manuscript, correct the manuscript before filing in editing and is responsible for plagiarism

Mariya I. Antipenko wrote the manuscript, correct the manuscript before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.13.2018

ACCEPTED 4.5.2018

Товароведная характеристика и оценка качества зеленого чая, реализуемого в торговых сетях Санкт-Петербурга

Айзанат К. Алиева¹ aaizanat@mail.ru

Екатерина О. Барбашенова¹

¹ Санкт-Петербургский Государственный экономический университет, ул. Садовая, 21, 191023, Россия

Реферат. Чай является одним из самых любимых напитков во всем мире. О полезном влиянии зеленого чая на организм человека известно очень много. В связи с падением экономики ухудшается и качество продукции, поступающей в торговые сети, поэтому мы решили проверить качество зеленого чая реализуемого торговыми сетями Санкт-Петербурга. В статье отражены результаты исследования по оценке качества зеленого чая разных производителей, соответствие их нормативной документации. Для оценки качества чая применялись органолептические и физико-химические методы. Нами были исследованы данные образцы на безопасность по максимально допустимому содержанию в чае токсинов, радионуклидов, микотоксинов и микроорганизмов. По результатам физико-химической экспертизы выявлены нарушения по следующим показателям: содержание танина, водорастворимых экстрактивных веществ; активная кислотность; повышенное содержание плесени, что свидетельствует об ассортиментной фальсификации зеленого чая, использовании некачественного сырья, нарушении технологических процессов и процессов хранения. По результатам можно сделать вывод, что в производстве чая надо учитывать все нормативные требования и соблюдать все технологические процессы, учитывать требования при хранении и транспортировке чая, сертифицировать товар и больше использовать ручной труд при сборе чайного листа. Торговым предприятиям необходимо использовать только сертифицированный товар и чаще получать заключения экспертных лабораторий.

Ключевые слова: зеленый чай, товароведная характеристика, безопасность, качество, полезные свойства

Commodity characteristics and quality assessment of green tea sold in retail chains of Saint-Petersburg

Aizanat K. Aliea¹ aaizanat@mail.ru

Ekaterina O. Barbashenova¹

¹ Saint-Petersburg state economic University, St. Sadova, 21, 191023, Russia

Summary. Tea is one of the most favorite drinks in the world. About the useful effect of green tea on the human body is known very much. In connection with the fall of the economy, the quality of products entering the trading networks is also deteriorating, so we decided to check the quality of green tea sold by trading networks in St. Petersburg. There are the results of a study on the quality of green tea from different manufacturers in the article and accordance with their normative documents. Organoleptic and physico-chemical methods were used to allow the quality of tea. We studied these samples for safety according to the maximum permissible content of toxins, radionuclides, mycotoxins and microorganisms in tea. According to the physico-chemical examination revealed violations in terms of: the content of tannin, water-soluble extractive substances, active acidity, increased mold content, which attests about assortment falsification of green tea, the use of poor quality raw materials, violation of technological processes and storage processes. As a result, it can be concluded that in production of tea it is necessary to take into account all regulatory requirements and comply with all technological processes, consider the requirements for storage and transportation of tea, certify the goods and use more manual labor when collecting tea leaves. Trading enterprises should use only certified goods and to use the conclusions of expert laboratories more often.

Keywords: green tea, merchandising characteristic, safety, quality, useful properties

Введение

Одним из самых любимых напитков во всем мире считается чай. Еще около 1115 г. до н. э. упоминалось о чае в китайском словаре, там написано: «Чай по вкусу горький. Когда человек его пьет, то лучше мыслит, спать ему хочется меньше, тело обретает легкость и зрение проясняется» [7, с. 16]. Китай считают родиной чая во всем мире. Чай широко распространился на Восток в начале первого тысячелетия, сначала в Японию, Корею. Дальнейшее его распространение получило только к 16 веку в Индию, Индонезию, Шри-Ланку, Таиланд.

В 16 веке по Великому шелковому пути чай попал в Россию, царь получил в подарок баночку ароматного чая. В 18 веке чай попал в Англию из Индии и уже были налажены постоянные поставки. На сегодняшний день

лидерами по производству чая являются по прежнему страны Востока и Азии, хотя его возделывают в промышленных масштабах более 30 стран мира.

Чай относится к семейству Чайных рода Камелия. Многолетнее, вечнозеленое растение субтропических и тропических лесов.

Чай собирают весной машинным способом, но качественные сорта чая собирают только в ручную, так как для высших сортов чая используются только молодые, верхушечные двух-трехлистные побеги с почкой – флешей или одно-двухлистные побеги без почки – глушки.

Полезные свойства чая до конца еще не изучены, если в 19 веке чай использовали в лечебных целях из-за 5–6 его компонентов, то сегодня известно о 250 и это не предел.

Для цитирования

Алиева А.К., Барбашенова Е.О. Товароведная характеристика и оценка качества зеленого чая, реализуемого в торговых сетях Санкт-Петербурга // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 236–241. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-236-241

For citation

Alieva A.K., Barbashenova E.O. Commodity characteristics and quality assessment of green tea sold in retail chains of Saint-Petersburg. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 236–241. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-236-241

В сухом веществе чая присутствуют две большие группы: экстрактивные водорастворимые вещества, которые представляют собой наиболее важные компоненты состава чая (фенольные соединения, алкалоиды, минеральные вещества, водорастворимые углеводы, аминокислоты, витамины, органические кислоты, пигменты, ферменты, ароматические вещества). Вторая группа это балластные вещества, нерастворимые в воде к ним относятся (белки, углеводы нерастворимые в воде, смолы, пектиновые вещества, лигнин, жирорастворимые витамины, органические кислоты, минеральные вещества, хлорофилл, и т. д.).

О полезном влиянии зеленого чая на организм человека известно очень много. Ферменты, которые содержатся в зеленом чае, помогают перевариванию пищи, чай укрепляет стенки кровеносных сосудов за счет высокого содержания в нем катехинов, что в свою очередь предотвращает сосуды от ломкости и развития атеросклероза. Способностью к дезинтоксикации обладают дубильные вещества чая. Возбуждающим и тонизирующим действием (стимулируют умственную деятельность и повышают физическую активность) алкалоиды. Высокую пищевую ценность чая обеспечивают витамины и микроэлементы так как участвуют в биохимических процессах. Зеленый чай защищает организм от воздействия свободных радикалов и токсинов т. к. является хорошим антиоксидантом и адсорбентом.

Экономическую ситуацию в России сегодня сложно назвать благоприятной. Снижение цен на нефть, санкции со стороны стран Запада, рост цен, уменьшение количества рабочих мест в стране – всё это не может не волновать россиян. Согласно данным Росстата сокращение доходов продолжается до сих пор. В номинальном выражении доходы среднего россиянина даже немного выросли, однако покупательская способность получаемых денег непрерывно падает.

Тем или иным образом люди начинают экономить. Согласно данным ритейл-аудита Nielsen рынок чая также ощутил на себе кризис. Начиная с 2014 года производство чая в России сокращалось, а в начале 2016 ситуация усугубилась – произошло еще более глубокое падение. Такие изменения вызваны падением спроса со стороны населения. Цены на чай растут – на себестоимость главным образом оказало влияние обесценивание рубля, ведь большая часть сырья ввозится в Россию из-за рубежа. Однако несмотря на рост цен на чай, потребители не могут совсем отказаться от его потребления, и они ищут более выгодные предложения – дешевые сорта, напитки-заменители (растворимый кофе, цикорий).

РФ является ведущим импортером чая, так как выращивание чая осуществляется лишь в отдельных районах Краснодарского края

и Республики Адыгея. На долю РФ приходится 9% мирового импорта чая. Объем импорта чая в Россию в 2015 году составил 170,5 тыс. тонн (доля зеленого чая – 8,4%, черного чая – 91,6%), что на 1,1% или на 1,9 тыс. тонн больше показателя 2014 года.

Импорт чая в январе-феврале 2016 года составил 22,7 тыс. тонн (из них зеленого чая – 2,1 тыс. тонн, черного – 20,6 тыс. тонн).

По отношению к аналогичному периоду 2015 года он сократился на 10,5% или на 2,7 тыс. тонн (поставки зеленого чая упали на 10,6%, черного – на 10,5%).

Средние цены на ввозимый в Россию зеленый чай, в пересчете на рубли, в феврале 2016 года составили 293 868,3 руб/т. Рост по отношению к февралю 2015 года составил 15,5%, по отношению к февралю 2014 года – 106,6%, по отношению к февралю 2013 года – 146,0%, по отношению к февралю 2012 года – 168,9%.

На российском рынке чая наблюдается высокая концентрация производства, лидируют транснациональные корпорации. В числе важнейших производителей, которые занимаются переработкой импортного сырья, можно выделить: ООО "ОРИМИ" из Ленинградской области, ООО "ЮНИЛЕВЕР РУСЬ" из Москвы, ООО КОМПАНИЯ "МАЙ" из Московской области, ООО "ЯКОВЛЕВСКАЯ ЧАЕРАЗВЕСОЧНАЯ ФАБРИКА" из Московской области – базовое производственное предприятие, входящее в Группу чайных компаний "Сапсан", ООО "БЕТА ГИДА" из Московской области, ООО "Кубань-Ти" из Краснодарского Края и др. По словам представителя ООО "БЕТА ГИДА", компания не ощутила на себе негативных тенденций отрасли. Производство в начале 2016 года было стабильно, а продажи в стоимостном выражении упали незначительно, так как компании удалось удержать свои цены на прежнем уровне, без ухудшения качества своего продукта.

Наибольший объем производства среди всех федеральных округов приходится на Северо-Западный федеральный округ: в 1 квартале 2016 года там было произведено 19 723 чая, что составляет 81% от совокупного объема. На втором месте с долей 14% находится Центральный федеральный округ, на третьем месте – Южный федеральный округ с долей 5%. В совокупности на данные федеральные округа приходится 99% от российского объема производства в 1 квартале 2016 года.

Дальнейшее развитие рынка чая в России будет определяться тем, как быстро страна справится с кризисными явлениями, влияющими, в частности, на потребительскую активность.

В настоящий момент внутренние цены на продукты питания в России продолжают расти. Это вызвано как ограничением импорта,

так и ростом себестоимости из-за подорожания материально-технических ресурсов, сырья и заемных средств. На фоне падения доходов населения, которое привело к сокращению потребительского спроса, предприятиям приходится снижать себестоимость продукции за счет использования дешевого, менее качественного сырья. Однако падение курса рубля по отношению к основным мировым валютам открывает перспективы повышения конкурентоспособности российской продукции не только на внутреннем, но и на внешних рынках.

В связи с падением экономики ухудшается и качество продукции, поступающей в торговые сети, поэтому мы решили проверить качество зеленого чая реализуемого торговыми сетями Санкт-Петербурга.

Цель исследования – оценка качества зеленого чая разных производителей, соответствия их нормативной документации.

Материалы и методы

Для исследования были отобраны 5 образцов зеленого чая.

Образец № 1 – Чай зеленый байховый крупнолистовой «Принцесса Ява».

Образец № 2 – Чай зеленый байховый крупнолистовой «Greenfield».

Образец № 3 – Чай зеленый байховый крупнолистовой «Twinings of London».

Образец № 4 – Чай зеленый байховый листовый китайский «Maitre».

Образец № 5 – Чай зеленый байховый крупнолистовой отборный «Favor».

Для оценки качества чая применялись органолептические и физико-химические методы.

Органолептическая оценка проводилась в соответствии с требованиями ГОСТ 32574–2013 «Чай зеленый. Технические условия»

и ГОСТ 32572–2013 «Чай. Органолептический анализ». Согласно ГОСТ 32572–2013 «Чай. Органолептический анализ», в чае зеленом оцениваются 4 показателя: внешний вид чайного листа, цвет настоя, аромат и вкус настоя, внешний вид разваренного листа чая. Оценка проводилась по пятибалльной шкале [1–6].

Результаты органолептической оценки приведены в таблице 1.

Физико-химические исследования проводились по ГОСТ 28551–90 «Чай. Метод определения водорастворимых экстрактивных веществ», ГОСТ 19885–74 «Чай. Методы определения содержания танина и кофеина», ГОСТ Р ИСО 7513–2012 «Чай растворимый. Метод определения массовой доли влаги (потеря массы при 103 °С)». Наиболее точную характеристику чая можно получить после использования физико-химических методов исследования, так как нормативная документация содержит точные показатели стандарта качества.

Результаты и обсуждение

Результаты физико-химического исследования приведены в таблице 5.

По результатам исследования можно сделать вывод, что среди исследованных образцов только образец № 2 соответствует всем требованиям ГОСТ 32574–2013 «Чай зеленый. Технические условия».

Нами были исследовали данные образцы на безопасность по максимально допустимому содержанию в чае токсинов, радионуклидов, микотоксинов и микроорганизмов.

Содержание в чае опасных веществ согласно требованиям ТР ТС 021/2011 представлены в таблице 6.

Результаты органолептической оценки образцов чая

Таблица 1.

Results of organoleptic evaluation of tea samples

Table 1.

Показатель Indicator	Образец Sample № 1	Образец Sample № 2	Образец Sample № 3	Образец Sample № 4	Образец Sample № 5
Аромат и вкус настоя чая Aroma and taste of tea infusion	3	2	5	5	4
Внешний вид настоя чая Appearance of tea infusion	4	4	4	5	5
Внешний вид чая The appearance of tea	2	4	5	5	5
Цвет разваренного листа чая Color of boiled tealeaf	2	4	5	5	5
Средний балл Average score	2,75	3,5	4,75	5	4,75

Таблица 2.

Номенклатура характерных признаков продукта, с использованием сенсорных терминов

Table 2.

Nomenclature of product characteristics, using sensory terms

№	Сенсорные термины Sensory terms	Характерные признаки продукта Characteristic features of the product
1	Горький Bitter	Кофеин Caffeine
2	Терпкий Tart	Танин Tannin
3	Чайный аромат Tea aroma	Эфирные масла, Essential oils
		Смолистые вещества Resinous substance
4	Сладкий Sweet	Фруктовые сахара Fruit sugar

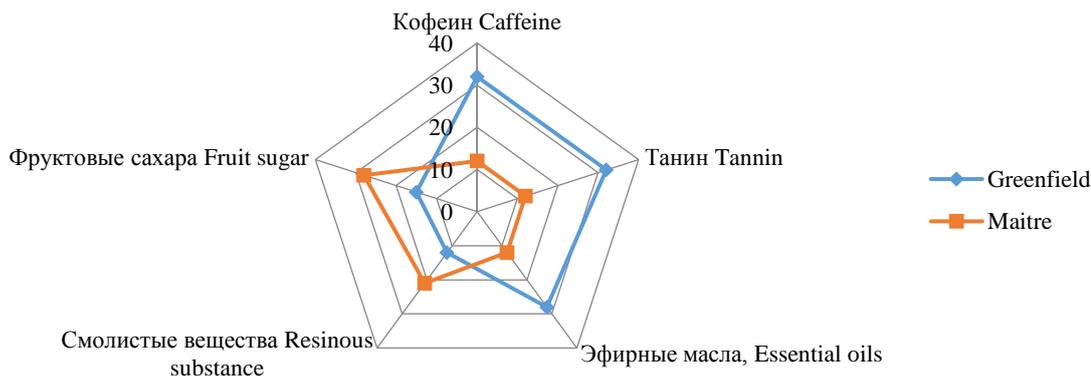


Рисунок 1. Сенсорные профили образцов зеленого чая «Гринфилд» и «Maitre»

Figure 1. Sensory profiles of the samples of green tea Greenfield and Maitre

Таблица 3.

Номенклатура органолептических свойств зеленого чая

Table 3.

The range of organoleptic properties of green tea

Аромат Aroma	Вкус Taste	Настой Infusion
приятный pleasant	горький bitter	прозрачный transparent
нежный gentle	терпкий tart	мутный muddy
слабый weak	сладкий sweet	
грубоватый rough	посторонний foreign	

Таблица 4.

Показатели органолептических терминов для составления профилограммы «Гринфилд» и «Maitre»

Table 4.

Indicators of organoleptic terms for the Greenfield and Maitre profile

Дескрипторы показателей Indicator descriptors	Образец № 1 «Гринфилд» Model No. 1 "Greenfield»	Образец № 2 «Maitre» Sample No. 2 "Maitre»
Аромат Aroma:		
приятный pleasant	4	5
нежный gentle	4	5
слабый weak	1	0
грубоватый rough	1	0
Вкус Taste:		
горький bitter	5	1
терпкий tart	4	5
сладкий sweet	0	2
посторонний foreign	1	0
Настой Infusion:		
прозрачный transparent	5	5
мутный muddy	1	1

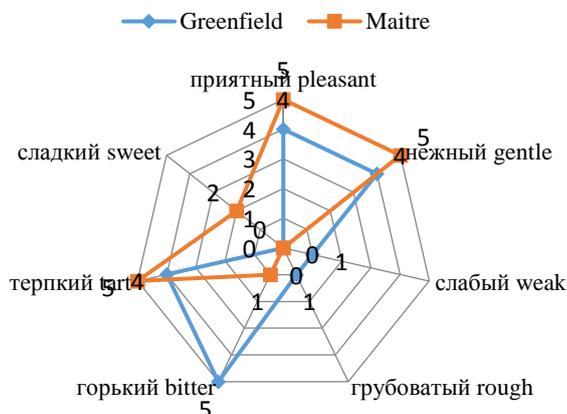


Рисунок 2. Сенсорный профиль зеленого чая

Figure 2. Sensory profile of green tea

Результаты физико-химического исследования

Table 5.

Results of physical and chemical research

Показатель Indicator	Допустимые значения по ГОСТ Permissible values according to State standard	Образец Sample № 1	Образец Sample № 2	Образец Sample № 3	Образец Sample № 4	Образец Sample № 5
Массовая доля влаги,% Mass fraction of moisture,%	≤10%	6,4	4,4	4,4	5,4	6,2
Содержание водорастворимых экстрактивных веществ,% Content of water-soluble extractive substances,%	≥33%	21,38	37,66	37,66	25,37	29,85
Активная кислотность, рН Active acidity, pH	5,5–7	5,58	5,58	5,47	5,73	5,09
Содержание танина,% Tannin content,%	12–30	11,55	13,48	7	14,47	17,7

Таблица 6.

Показатели безопасности согласно ТР ТС 021/2011

Table 6.

Safety indicators according to TR TS 021/2011

Опасные вещества (группа) Hazardous substances (group)	Наименование опасного вещества Name of hazardous substance	Содержание согласно ТР ТС 021/2011 Contents according to TR CU 021/2011	Содержание Content
Микотоксины Mycotoxins	Афлатоксин В1 Aflatoxin В1	0,005 мг/кг	Соответствует НД Corresponds to ND
	Цезий Caesium 137	400 Бк/кг ВК / kg	Не обнаружено Not detected
	Стронций Strontium 90	200 Бк/кг ВК / kg	Не обнаружено Not detected
Токсичные элементы Toxic element	Ртуть Mercury	0,1 мг/кг mg / kg	-
	Мышьяк Arsenic	1 мг/кг mg / kg	-
	Свинец Lead	10 мг/кг mg / kg	-
	Кадмий Cadmium	1 мг/кг mg / kg	-
	Медь Copper	100 мг/кг mg / kg	Соответствует НД Corresponds to ND
Микроорганизмы Microorganisms	Плесневые грибы Moldy mushrooms	10 ³ КОЕ/г CFU/g	10 ² КОЕ/г CFU/g

По НД ТР ТС 021/2011 содержание кофеина в тонизирующих напитках должно содержаться не более 400 мг/дм³.

По данным полученным после проведения физико-химической, органолептической и микробиологической экспертизы образцы зеленого чая «Гринфилд» и «Maitre» соответствуют ГОСТ 32574–2013 и ТР ТС 021/2011 остальные образцы по разным показателям не соответствуют требованиям нормативной документации. По данным физико-химической экспертизы выявлены нарушения по следующим показателям: содержание танина, водорастворимых экстрактивных веществ, активная кислотность, повышенное содержание плесени, что свидетельствует об ассортиментной фальсификации

зеленого чая, использовании некачественного сырья, нарушении технологических процессов и процессов хранения.

Заключение

По результатам можно сделать вывод, что в производстве чая надо учитывать все нормативные требования и соблюдать все технологические процессы, учитывать требования при хранении и транспортировке чая, сертифицировать товар и больше использовать ручной труд при сборе чайного листа. Торговым предприятиям необходимо использовать только сертифицированный товар и чаще получать заключения экспертных лабораторий.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 ГОСТ 1936–85 Чай. Правила приемки и метода анализа. М.: Стандартинформ, 2006. 11 с.
- 2 ГОСТ 32572–2014 Чай. Органолептический анализ. М.: Стандартинформ, 2014. 8 с.
- 3 ГОСТ 32574–2013 Чай зеленый. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2014. 8 с.
- 4 ГОСТ ISO 3103–2013 Чай. Приготовление настоя для органолептического анализа. М.: Стандартинформ, 2014. 10 с.
- 5 ГОСТ Р 51293-99 Идентификация продукции. Общие положения. М.: Госстандарт России, 2001. 7 с.
- 6 ТР ТР 021/2011 О безопасности пищевой продукции
- 7 Елизарова Л.Г. Экспертиза качества чая. М.: Московская высшая школа экспертизы, 2013. 41 с.
- 8 Казанцева Н.С. Товароведение продовольственных товаров. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и Ко»
- 9 Федеральный закон от 02.01.2000 № 29-ФЗ (ред. от 13.07.2015) О качестве и безопасности пищевых продуктов. 2014. 400 с.

REFERENCES

- 1 GOST 1936–85 Chai. Pravila priemki i metode analiza [Tea. Acceptance rules and analysis methods] Enter] Moscow, Standartinform, 2006. 11 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Айзанат К. Алиева д.б.н., профессор, кафедра торгового дела и товароведения, Санкт-Петербургский Государственный экономический университет, ул. Садовая 21, 191023, Россия, aaizanat@mail.ru

Екатерина О. Барбашенова студент, кафедра торгового дела и товароведения, Санкт-Петербургский Государственный экономический университет, ул. Садовая 21, 191023, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Айзанат К. Алиева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат
Екатерина О. Барбашенова провела эксперимент, выполнила расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 03.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.05.2018

2 GOST 32572–2014 Chai. Organolepticheski analiz [Tea. Organoleptic analysis] Moscow, Standartinform, 2014. 8 p. (in Russian)

3 GOST 32574–2013 Chai zelenyi. TU [Green tea. Technical conditions] Moscow, Standartinform, 2014. 8 p. (in Russian)

4 GOST ISO 3103–2013 Chai. Prigotovlenie nastoya dlya organolepticheskogo analiza [Tea. Preparation of infusion for organoleptic analysis] Moscow, Standartinform. 2014. 10 p. (in Russian)

5 GOST R 51293 -99 Identifikatsiya produktsii [Product Identification. General provisions] Moscow, Standartinform, 2001. 7 p. (in Russian)

6 TR TR 021/2011 O bezopasnosti pishchevoi produktsii [On food safety] (in Russian)

7 Elizarova L.G. Ekspertiza kachestva chaya [Examination of the quality of tea] Moscow, Moscow higher school of expertise, 2013. 41 p. (in Russian)

8 Kazantseva N.S. Tovarovedenie prodovol'stvennykh tovarov [Commodity science of food products] Moscow, Dashkov I Co.

9 FZ №29-FZ O kachestve i bezopasnosti pishchevykh produktov [Federal law No. 29-FZ of 02–01–2000 (as amended on 13.07.2015) "On the quality and safety of food products"] 2014. 400 p.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aizanat K. Aliea Dr. Sci. (Biol.), professor, trade and commodity science department, St. Petersburg state University of Economics, Sadovaya str., 21, 191023, Russia, aaizanat@mail.ru

Ekaterina O. Barbashenova student, trade and commodity science department, St. Petersburg state University of Economics, Sadovaya str., 21, 191023, Russia

CONTRIBUTION

Aizanat K. Aliea wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Ekaterina O. Barbashenova conducted the experiment, performed the calculations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.3.2018

ACCEPTED 5.19.2018

Основы ферментирования белокочанной капусты

Екатерина С. Шишлова¹ tirina.k@yandex.ru
Наталья Е. Посокина¹ labtech45@yandex.ru
Ольга Ю. Лялина¹ olgalyalina@yandex.ru

¹ Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная, 78, г. Видное, 142703, Россия

Реферат. В данном обзоре полностью освещен процесс ферментации (молочнокислого брожения) белокочанной капусты. Ферментация является очень сложным динамичным процессом с многочисленными физическими, химическими и микробиологическими изменениями, влияющими на качество конечного продукта. Описана последовательность развития молочнокислых бактерий в процессе ферментации, которая характеризуется ростом и сменой пулов различных микроорганизмов. На смену молочнокислым микроорганизмам *Leuconostoc mesenteroides* приходит *Lactobacillus brevis*, а затем размножается *Lactobacillus plantarum*. Приведены основные факторы, которые необходимо учитывать в процессе ферментации и хранения квашеной капусты. Для того чтобы начался самопроизвольный процесс ферментации, необходимо, чтобы молочнокислые бактерии, присутствующие на поверхности свежего сырья, преобладали над патогенной микрофлорой. При этом использование заквасочных культур является хорошей альтернативой естественной ферментации, так как это гарантирует правильное протекание процесса и получения готового продукта хорошего качества. Рассмотрены методы термической обработки, такие как пастеризация и стерилизация, позволяющие продлить срок годности готового ферментированного продукта. Также описаны различные виды упаковки, которые лучше использовать для ферментированных продуктов: полиэтиленовые пакеты, стеклянные и металлические банки. Указано, какие гигиенические нормы необходимо соблюдать при производстве квашеной капусты. Показано, что ферментированная (квашеная) капуста обладает пробиотическими свойствами, которые оказывают благоприятное воздействие на организм человека. Отмечено, что использование молочнокислых микроорганизмов (заквасочных культур) в процессе ферментации белокочанной капусты благоприятно влияет на весь процесс, так как подавляет развитие патогенных и других нежелательных микроорганизмов, находящихся на поверхности свежего сырья и позволяет производить продукт с улучшенными функциональными свойствами.

Ключевые слова: ферментация, квашеная капуста, молочнокислые микроорганизмы, белокочанная капуста, молочная кислота, заквасочные культуры

The basics of fermenting white cabbage

Ekaterina S. Shishlova¹ tirina.k@yandex.ru
Natalya E. Posokina¹ labtech45@yandex.ru
Olga Yu. Lyalina¹ olgalyalina@yandex.ru

¹ Russian Research Institute of Canning Technology, Shkolnaya Street, 78, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia

Summary. In this review, the fermentation process (lactic acid fermentation) of white cabbage is completely covered. Fermentation is a very complex dynamic process with numerous physical, chemical and microbiological changes affecting quality of the final product. The sequence of lactic acid bacteria development in the fermentation process, which is characterized by the growth and change of pools of various microorganisms, is described. In place of lactic acid microorganisms *Leuconostoc mesenteroides* comes *Lactobacillus brevis*, and then propagated *Lactobacillus plantarum*. The main factors to be taken into account in the fermentation and storage of sauerkraut are given. In order to start the spontaneous fermentation process, it is necessary that the lactic acid bacteria present on the surface of fresh raw materials prevail over the pathogenic microflora. At the same time, the use of starter cultures is a good alternative to natural fermentation, as this ensures the proper flow of the process and the finished product of good quality. The methods of heat treatment, such as pasteurization and sterilization, allowing to extend the shelf life of the finished fermented product. Various types of packaging that are best used for fermented products are also described: plastic bags, glass and metal cans. It is specified what hygienic norms should be observed at production of sauerkraut. It is shown that fermented (fermented) cabbage has probiotic properties that have a beneficial effect on the human body. It is noted that the use of lactic acid microorganisms (starter cultures) in the fermentation process of white cabbage favorably affects the whole process, as it suppresses the development of pathogenic and other undesirable microorganisms on the surface of fresh raw materials and allows to produce a product with improved functional properties.

Keywords: fermentation, sauerkraut, lactic acid bacteria, white cabbage, lactic acid, starter cultures

Введение

Происхождение процесса ферментации было обнаружено китайцами приблизительно в 3 веке до н. э. [1, 2]. Ферментированные продукты, произведенные из разнообразного сырья, используются практически во всем мире. В слаборазвитых странах молочнокислое брожение (соление, квашение и мочение) является важным способом сохранения овощей и фруктов из-за доступности этого метода и низких энергозатрат [3]. Благодаря применению

различных технологий – от очень простых до самых продвинутых, ферментированные продукты могут иметь разнообразный вкус и структурные свойства. Процесс ферментации играет важную роль как в домашнем хозяйстве, так и в промышленном производстве. Сохранение скоропортящихся продуктов животного и растительного происхождения с помощью ферментации помогает увеличить срок годности продукта в течение длительного периода времени.

Для цитирования

Шишлова Е.С., Посокина Н.Е., Лялина О.Ю. Основы ферментирования белокочанной капусты // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 242–248. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-242-248

For citation

Shishlova E.S., Posokina N.E., Lyalina O.Yu. The basics of fermenting white cabbage. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 242–248. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-242-248

Ферментированные продукты – это продукты, наделенные определенными функциональными свойствами, в процессе ферментации которых задействованы молочнокислые микроорганизмы, естественным образом существующие на поверхности сырья или добавленные (заквасочные культуры, дрожжи и т. д.). Молочнокислые бактерии являются микроорганизмами, которые, воздействуя на сырьё, дают гарантию, что готовый продукт будет безопасным. Молочная кислота играет существенную роль в ферментированных продуктах, так как с ее помощью продукт дольше хранится и обогащается питательными веществами [4]. На первый взгляд производство квашеной капусты является достаточно простым процессом, который можно легко осуществить в домашних условиях, но с другой стороны это сложный процесс, состоящий из множества фаз (этапов). И именно от успешного прохождения всех фаз ферментации зависит качество готового продукта.

Процесс ферментации

Ферментация белокочанной капусты является очень сложным динамичным процессом с многочисленными физическими, химическими и микробиологическими изменениями, влияющими на качество конечного продукта. Производство ферментированной капусты состоит из следующих этапов: сбор сырья, очистка, удаление кочерыги, мытье, измельчение, фасовка в упаковку, где в дальнейшем будет происходить процесс брожения. В начале процесса ферментации находится критическая точка, которая определяет, как быстро молочнокислые бактерии смогут развиваться и снизить pH, чтобы процесс продолжался в нужном направлении. При этом должны сохраняться максимально анаэробные условия для предотвращения роста нежелательных микроорганизмов. Необходимо так же соблюдать определенную температуру, чтобы в итоге получить готовый продукт хорошего качества.

Ферментация белокочанной капусты может быть разделена на две фазы – первая является газообразной, так как в ней «работают» молочнокислые бактерии гетероферментативного типа, которые формируют молочную и уксусную кислоты, а также CO₂, а вторая – без газообразования, где преобладают уже бактерии гомоферментативного типа [5]. Типичными продуктами, сформированными во время ферментации квашеной капусты, являются: молочная кислота, уксусная кислота, маннит и этанол. При этом молочная кислота является главным продуктом ферментации [6].

Молочнокислые бактерии и их роль в процессе ферментации

Молочнокислые бактерии принадлежат к следующим семействам: *Aerococcaceae*, *Carnobacteriaceae*, *Enterococcaceae*, *Lactobacillaceae*, *Leuconostocaceae* и *Streptococcaceae*. Молочнокислые бактерии неподвижные, грамположительные, аэротерпимые, обычно неспорообразующие и каталаза-отрицательные организмы, которые в процессе ферментации производят молочную кислоту. Считается, что они защищают ферментируемое сырьё от патогенных микроорганизмов путем производства антагонистических комплексов, таких как кислоты, бактериоцины и противогрибковые вещества [7]. В свежей капусте содержится очень низкое количество молочнокислых бактерий, но этого количества обычно бывает достаточно для того, чтобы процесс ферментации начался. При этом необходимо, чтобы происходило быстрое уменьшение pH в начале процесса, для того чтобы добиться быстрого увеличения кислотности, которая доминирует над нежелательной микрофлорой и подавляет её рост. Также кислотность в процессе ферментации отвечает еще и за аромат готового продукта. Органические кислоты, в основном молочная и уксусная, производятся в значительных количествах на ранней стадии ферментации капусты. Замечено, что уксусная кислота имеет больший антибактериальный эффект, чем молочная [8], в связи с чем необходимо, чтобы она была произведена на ранней стадии ферментации [9].

Уровень кислотности зависит от концентрации сахаров, присутствующих в свежем сырье, и степени, до которой эти сахара могут преобразовываться в кислоты в течение всего процесса. Ферментация продолжается, пока все способные к брожению сахара не используются или пока титруемая кислотность в продукте не достигнет значения 1,7–2 %, с pH 3,4–3,6, после чего прекращается рост молочнокислых бактерий [5].

Последовательность микроорганизмов, развивающихся в процессе ферментации белокочанной капусты, состоит в росте и смене пулов микроорганизмов. На смену молочнокислым микроорганизмам *Leuconostoc mesenteroides* приходит *Lactobacillus brevis*, а затем размножается *Lactobacillus plantarum*, который опять продуцирует кислоту, снижая значение pH ниже 4,0. В начале процесса ферментации над патогенной микрофлорой доминируют молочнокислые бактерии гетероферментативного типа. На более позднем этапе ферментации гетероферментативные молочнокислые бактерии

заменяются более кислотоустойчивыми – гомоферментативными, производящими молочную кислоту [10]. Как правило, *Ln. mesenteroides* развивается в начале ферментации, а *Lb. plantarum* в конце [11, 12].

Благодаря тому, что молочнокислые бактерии в процессе ферментации преобладают над патогенной микрофлорой, это увеличивает срок годности и повышает микробиологический уровень безопасности ферментированных продуктов.

Проблемы, связанные с непосредственной ферментацией капусты

Производство квашеной (ферментированной) капусты высокого качества является очень сложной задачей, поскольку существуют некоторые риски, связанные с протеканием процесса ферментации. Для положительного развития процесса необходимо, чтобы питательные вещества, содержащиеся в капусте, были сразу доступны молочнокислым бактериям. В этом случае нежелательная микрофлора не будет иметь потенциала для развития и, при накоплении значительных количеств молочной кислоты, будет уничтожена. Именно поэтому необходимо, чтобы процесс ферментации начинался как можно скорее с роста молочнокислых бактерий и, следовательно, с быстрого уменьшения pH для предотвращения роста патогенных микроорганизмов. При этом должны сохраняться максимально анаэробные условия, так как если в процессе ферментации произойдет попадание воздуха, то это приведет к обесцвечиванию поверхности капусты, образованию неприятного аромата и понижению микробиологического качества продукта [13]. В случае если во время процесса ферментации не произойдет должного снижения показателя pH, то молочнокислые микроорганизмы *Lb. brevis*, могут послужить причиной окрашивания ферментированной капусты в красный цвет [13], а произведенные в процессе ферментации пептазы могут способствовать образованию слизи. Также получение «тягучей» квашеной капусты обычно является результатом формирования декстрана, вызванного молочнокислыми микроорганизмами *Ln. mesenteroides*. Таким образом, необходимо помнить, что от правильного обращения со свежим сырьем и со всем оборудованием, используемым в процессе ферментации, зависит качество готового продукта.

Концентрация соли

Соль (NaCl) традиционно используется в процессе ферментации. Квашеную капусту солят с помощью сухого посола [14]. Соль помогает предотвратить возможное размягчение сырья капусты и уменьшить развитие нежелательной микрофлоры. Также она оказывает

влияние на аромат конечного продукта. Обычно концентрация соли в ферментированной капусте находится в диапазоне 2–3%. Однако сегодня потребители предпочитают более низкую концентрацию соли в своей еде, в основном из-за внимательного отношения к своему здоровью, именно поэтому все внимание сейчас сконцентрировано на том, чтобы производить ферментированную капусту с низким содержанием соли. Ученые доказали, что в процессе молочнокислого брожения, возможно, понизить концентрацию NaCl от 0,5 до 2,0% без потери микробиологического или сенсорного качества готового продукта [15, 16]. Также квашеная капуста может быть успешно произведена с использованием минеральной соли в низких концентрациях [17].

Использование заквасочных культур

Для обеспечения высокого качества продукта, в процессе ферментации, наряду с вышеупомянутыми факторами, могут использоваться заквасочные культуры. Они содержат живые микроорганизмы, которые применяются с намерением использовать их микробный метаболизм и улучшить качество ферментированной капусты [18, 19]. Заквасочная культура должна быть добавлена в сырье обязательно до начала процесса ферментации. В качестве заквасок могут использоваться монокультуры молочнокислых микроорганизмов или их консорциумы. Важным моментом при применении заквасочных культур является то, что они гарантируют точное продолжение процесса ферментации при достаточном количестве сахаров [20]. Используемые в процессе ферментации штаммы молочнокислых микроорганизмов, в основном, приобретаются у поставщиков, но при желании могут быть произведены и обогащены самим производителем. При этом для самостоятельного получения заквасок, необходимо специализированное оборудование и хорошо подготовленный персонал.

При производстве ферментированной капусты всегда большое внимание уделяется усовершенствованию органолептических и функциональных свойств продукта, поскольку это может влиять и на реализацию [5].

Преимущества использования заквасочных культур

Использование заквасок является хорошей альтернативой самопроизвольной ферментации квашеной капусты, поскольку с их помощью процессом можно управлять. Правильный выбор заквасок имеет огромное значение для получения готового продукта с улучшенной пищевой ценностью. Закваски могут быть добавлены к сырью в виде монокомпонентных культур или в виде консорциумов молочнокислых

микроорганизмов. В основном при ферментации овощного сырья применяются заквасочные культуры следующих родов: *Lactobacillus*, *Leuconostoc*, *Weissella*, *Enterococcus* и *Pediococcus*. При этом для успешного использования заквасок в ферментированных продуктах необходимо учитывать несколько факторов: органолептические особенности, безопасность, польза для здоровья и срок хранения. При культивировании свежей белокочанной капусты молочнокислыми микроорганизмами происходит резкое нарастание молочной и уксусной кислот, что приводит к быстрому снижению pH и гарантирует продолжение процесса ферментации. Таким образом, некоторые качественные признаки ферментированного продукта, а также его технологические, пищевые и функциональные параметры могут быть улучшены. Кроме того, использование заквасок ускоряет процесс ферментации, и квашеная капуста может быть произведена за более короткий период, по сравнению с естественной ферментацией.

Пробиотическая роль молочнокислых микроорганизмов

Большинство ферментированных продуктов, как известно, является источниками пробиотических культур молочнокислых микроорганизмов [21, 22]. В квашеной капусте содержится большое количество углеводов и живых молочнокислых бактерий. В связи с этим пробиотические молочнокислые микроорганизмы могут быть получены из непосредственно ферментированной капусты [23]. Таким образом, свежая белокочанная капуста в комбинации с пробиотическими микроорганизмами дает возможность получить ферментированный продукт с улучшенными технологическими, пищевыми и функциональными свойствами.

Объясняется это тем, что пробиотические молочнокислые микроорганизмы во время процесса ферментации производят несколько биологически активных комплексов, таких как органические кислоты, витамины, ферменты и другие, которые, в конечном счете, оказывают благоприятное влияние на здоровье потребителя [24]. При этом пробиотические молочнокислые микроорганизмы не только оказывают влияние на организм человека, но и лечат хронические болезни, такие как рак, гепатит и другие [25].

Сок квашеной капусты

Сок квашеной капусты может быть произведен при непосредственной ферментации белокочанной капусты. Сок может быть извлечен из квашеной капусты после того, как процесс брожения достигнет pH ниже 4,2. В целом микробиологическое и сенсорное качество сока

в процессе ферментации капусты зависит от самого сырья и от условий брожения, поскольку эти факторы оказывают огромное влияние на протекание процесса и, соответственно, на качество готового продукта. Полученный в процессе ферментации сок квашеной капусты может быть сохранен при тех же температурах, при которых хранится готовый продукт. При этом, полученный сок квашеной капусты подвергают термической обработке: пастеризации или стерилизации, что позволяет продлить срок годности сока в течение многих лет, но при этом он теряет свои полезные свойства.

Для обеспечения в процессе ферментации более однородного сенсорного и микробиологического качества сока квашеной капусты могут использоваться закваски. Добавление заквасочных культур позволяет производить более эффективно молочную и уксусную кислоты, таким образом, понижая влияние других микроорганизмов, которые существуют в свежем сырье. Все это гарантирует получение сока квашеной капусты улучшенного качества. При этом, при помощи определенных комбинаций молочнокислых микроорганизмов, трав и специй в процессе ферментации, может быть изменен вкус сока квашеной капусты. Концентрация соли тоже может повлиять на вкус сока. В свою очередь использование молочнокислых микроорганизмов *Ln. mesenteroides* и комбинации заквасочных культур *Ln. mesenteroides* и *P. dextrinicus*, показали, что сок ферментированной капусты может быть произведен с более нежным вкусом, который пользуется большим спросом у потребителей, что является важным фактором в дальнейшей реализации готового продукта [26]. На самом деле, можно сделать вывод, что существует бесконечное количество возможностей произвести сок ферментированной капусты с различными вкусами.

Термическая обработка

Ферментированная капуста может быть обработана термически, чтобы остановить функцию ферментов и устранить патогенную микрофлору путем нагревания от 70–80 °C и при помощи более высоких температур – от 120 до 140 °C. Таким образом, термическая обработка позволяет хранить готовый продукт при комнатной температуре. При этом под действием температур в ферментированной капусте происходит разрушение содержащихся в ней молочнокислых бактерий и, следовательно, готовый продукт уже не содержит полезных ингредиентов. В связи с чем очевидно, что данный процесс не улучшает функциональность ферментированной капусты, а помогает только продлить ее срок годности.

Упаковка и условия производства ферментированной капусты

Для производства квашеной капусты необходимо использовать свежее сырье хорошего качества, после чего-либо немедленно реализовать его, либо оставить на хранение в чистом складе. При этом компоненты, используемые в процессе ферментации, так же должны иметь хорошее микробиологическое качество. Важно, чтобы свежая капуста была правильно обработана на каждой стадии процесса ферментации. Кроме того, помимо чистой рабочей одежды, производственный штат должен знать, как обращаться с сырьем, используемым в процессе ферментации. Все оборудование, которое используется в процессе ферментации, всегда должно содержаться в чистоте для избегания всех возможных рисков загрязнения сырья. Готовые продукты должны храниться в специально отведенном для этого чистом месте, при правильных температурах, для поддержания их микробиологических и органолептических свойств. Перед этим ферментированные продукты обязательно герметично упаковывают в потребительскую упаковку. Выбор упаковочного материала для ферментированных продуктов зависит в основном от того, был ли продукт обработан термически. Квашеная капуста может быть упакована в полимерные пакеты, в стеклянные и металлические банки. При этом для пастеризованной или стерилизованной ферментированной капусты применяется упаковочный материал, произведенный из стекла или металла. Таким образом, желательно, чтобы все условия, влияющие на процесс ферментации, были соблюдены с целью получения готового продукта хорошего качества.

Влияние молочнокислых бактерий на здоровье человека

Продукты, изготовленные с минимальным использованием химических консервантов, являются актуальными в наше время. Квашеная капуста является полезным продуктом, поскольку в ней сохраняются питательные вещества и витамины, содержащиеся в свежем сырье, также она богата большим количеством молочнокислых бактерий, которые благоприятно влияют

на организм человека [27, 28]. Именно поэтому у потребителей увеличивается спрос на ферментированную капусту. Молочнокислые бактерии, присутствующие в квашеной капусте добавляют продукту пробиотические свойства и помогают устранить какое-либо расстройство организма [29–31]. А, например, квашеная капуста, произведенная с помощью молочнокислых бактерий *Ln. mesenteroides* с низким содержанием соли, обладает высокими антиокислительными свойствами, антиканцерогенными комплексами и низким содержанием натрия [32]. Важным моментом в процессе ферментации является то, что при взаимодействии свежей белокочанной капусты с молочнокислыми микроорганизмами получается продукт с функциональными свойствами, улучшающими здоровье потребителя [33]. А люди, можно сказать, только недавно в полном объеме оценили все эти полезные свойства квашеной капусты.

Выводы

Использование процесса ферментации является актуальным методом для пищевой промышленности, не только потому, что с его помощью можно продлить срок годности скоропортящихся продуктов, но и в связи с тем, что можно получить продукты, оказывающие благоприятное влияние на здоровье людей. Именно поэтому в настоящее время при создании новых продуктов процесс ферментации рассматривается как потенциально важный источник полезных бактерий. Поскольку ферментированная капуста богата молочнокислыми бактериями, витаминами, питательными веществами, то этот продукт широко применяется для диетического питания, а также помогает наладить работу желудочно-кишечного тракта. В связи с чем, можно сказать, что квашеная капуста является неотъемлемой частью питания населения, так как улучшает работу организма человека. При этом важность применения процесса ферментации заключается в том, чтобы как можно больше добавить готовому продукту полезных функциональных свойств путем использования разнообразных заквасочных культур молочнокислых микроорганизмов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Pederson C.S. Microbiology of Food Fermentations. Avi, Westport: CI, 1979. P. 153–209.
- 2 Buckenhüskes H.J. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as starter cultures for various food commodities // FEMS Microbiology Reviews 12. 1993. P. 253–272.
- 3 Daeschel M.A., Andersson R.E., Fleming H.P. Microbial ecology of fermenting plant materials // FEMS Microbiology Reviews 46. 1987. P. 357–367.

- 4 Jay J. Modern Food Microbiology. New York: Chapman and Hall, 1996.
- 5 Fleming H.P. Considerations for the Controlled Fermentation and Storage of Sauerkraut. 1987. P. 26–32.
- 6 von Wright A. Lactic Acid Bacteria // Boca Raton. 2011.
- 7 Visser R., Holzapfel W.H., Bezuidenhout J.J., Kotze J.M. Antagonism of lactic acid bacteria against phytopathogenic bacteria // Applied and Environmental Microbiology 52. 1986. P. 552–555.

8 Eklund T., Gould G.W. Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures. 1989. P. 161–199.

9 Adams M.R., Hall C.J. Growth inhibition of food-borne pathogens by lactic and acetic acids and their mixtures // International Journal of Food Science and Technology 23. 1988. P. 287–292.

10 Pederson C.S., Albury M.N. The sauerkraut fermentation // New York State Agricultural Experiment Station Technical Bulletin. 1969. № 824.

11 Neish A.C. Analytical methods for bacterial fermentations // Nat. Res. Council. Can. Bull. 1952. P. 8–46.

12 Pederson C.S., Albury M.N. The effect of pure culture inoculation on fermentation of cucumbers // Food Technology 15. 1961. P. 351–354.

13 Oberg C.J., Brown R.J., Kauffman G.B. Focusing on the chemistry and microbiology of vegetables in preservation by fermentation. Products of Chemistry // California State University. Fresno. 1993.

14 Gashe B.A. Kocho fermentation // Journal of Applied Bacteriology 62. 1987. P. 473–477.

15 Viander B., Mäki M., Palva A. Impact of low salt concentration, salt quality on natural large-scale sauerkraut fermentation // Food Microbiology 20. 2003. P. 391–395.

16 Johanningsmeier S., McFeeters R.F., Fleming H.P., Thompson R.L. Effects of *Leuconostoc mesenteroides* starter culture on fermentation of cabbage with reduced salt concentrations // Journal of Food Science 72. 2007. № 5. P. 166–172.

17 Wiander B., Palva A. Sauerkraut and sauerkraut juice fermented spontaneously using mineral salt, garlic and algae // Agricultural and Food Science 20. 2011. P. 169–175.

18 Desai P., Sheth T. Controlled fermentation of vegetables using mixed inoculum of lactic cultures // Journal of Food Science and Technology 34. 1997. № 3. P. 155–158.

19 Hammes W.P. Bacterial starter cultures in food production // Food Biotechnology 4. 1990. №1. P. 383–397.

20 Lücke F.K., Brümmer J.M., Buckenhüskes H.J. et al. Starter culture development // Processing and Quality of Foods. Food Biotechnology : Avenues to Healthy and Nutritious Products. 1990. V. 2.

21 Di Cagno R., Coda R., De Angelis M., Gobbetti M. Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation // Food Microbiology 33. 2013. P. 1–10.

22 Swain M. R., Anandharaj M., Ray R.C., Rani R.P. 250 Fermented fruits and vegetables of Asia: A potential source of probiotics // Biotechnology Research International. 2014. P. 424.

23 Papadimitriou K., Zoumpopoulou G., Foligné B. et al. Discovering probiotic microorganisms: In vitro, in vivo, genetic and omics approaches // Frontiers in Microbiology 6. 2015. P. 58.

24 Suskovic J., Kos B., Beganovic J. et al. Antimicrobial activity – The most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria // Food Technology and Biotechnology 48. 2010. P. 296–307.

25 Patel A., Shah N. Recent advances in antimicrobial compounds produced by food grade bacteria in relation to enhance food safety and quality // Journal of Innovative Biology. 2014. № 1(4). P. 189–194.

26 Wiander B., Ryhänen E.L. Identification of lactic acid bacteria strains isolated from spontaneously fermented sauerkraut and their use in fermentation of sauerkraut and sauerkraut juice in combination with a low NaCl content // Milchwissenschaft 63. 2008. P. 386–389.

27 Hose H., Sozzi T. Processing and Quality of Foods // Food Biotechnology: Avenues to Healthy and Nutritious Products. 1990. V. 2.

28 Kalantzopoulos G. Fermented Products with Probiotic Qualities // Anaerobe 3. 1997. P. 185–190.

29 Masood M.I., Qadir M.I., Shirazi J.H., Khan I.U. Beneficial effects of lactic acid bacteria on human beings // Critical Reviews in Microbiology 37. 2011. P. 91–98.

30 Salminen E., Elomaa I., Minkkinen J. et al. Preservation of intestinal integrity during radiotherapy using live *Lactobacillus acidophilus* cultures // Clinical Radiology 39. 1988. P. 435–437.

31 Salminen S., Isolauri E., Salminen E. Clinical uses of probiotics for stabilizing the gut mucosal barrier: Successful strains and future challenges // Antonie van Leeuwenhoek 70. 1996. P. 347–358.

32 Peñas E., Frias J., Sidro B., Vidal-Valverde C. Chemical evaluation and sensory quality of sauerkrauts obtained by natural and induced fermentations at different NaCl levels from brassica oleracea Var. capitata Cv. Bronco Grown in eastern Spain: Effect of storage // Journal of Agricultural and Food Chemistry 58. 2010. № 6. P. 3549–3557.

33 Drosinos E.H., Paramithiotis S. Nutritional attributes of acetic acid fermented fruits and vegetables // Agro Food Industry Hi Tech 23. 2012. P. 46–48.

REFERENCES

1 Pederson C.S. Microbiology of Food Fermentations. Avi, Westport: CI, 1979. pp. 153–209.

2 Buckenhüskes H.J. Selection criteria for lactic acid bacteria to be used as starter cultures for various food commodities. FEMS Microbiology Reviews 12. 1993. pp. 253–272.

3 Daeschel M.A., Andersson R.E., Fleming H.P. Microbial ecology of fermenting plant materials. FEMS Microbiology Reviews 46. 1987. pp. 357–367.

4 Jay J. Modern Food Microbiology. New York: Chapman and Hall, 1996.

5 Fleming H.P. Considerations for the Controlled Fermentation and Storage of Sauerkraut. 1987. pp. 26–32.

6 von Wright A. Lactic Acid Bacteria. Boca Raton. 2011.

7 Visser R., Holzapfel W.H., Bezuidenhout J.J., Kotze J.M. Antagonism of lactic acid bacteria against phytopathogenic bacteria. Applied and Environmental Microbiology 52. 1986. pp. 552–555.

8 Eklund T., Gould, G.W. Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures. 1989. P. 161–199.

9 Adams M.R., Hall C.J. Growth inhibition of food-borne pathogens by lactic and acetic acids and their mixtures. International Journal of Food Science and Technology 23. 1988. pp. 287–292.

10 Pederson C.S., Albury M.N. The sauerkraut fermentation. New York State Agricultural Experiment Station Technical Bulletin. 1969. no. 824.

11 Neish A.C. Analytical methods for bacterial fermentations. Nat. Res. Council. Can. Bull. 1952. pp. 8–46.

12 Pederson C.S., Albury M.N. The effect of pure culture inoculation on fermentation of cucumbers. Food Technology 15. 1961. pp. 351–354.

13 Oberg C.J., Brown R.J., Kauffman G.B. Focusing on the chemistry and microbiology of vegetables in preservation by fermentation. Products of Chemistry. California State University. Fresno. 1993.

14 Gashe B.A. Kocho fermentation. Journal of Applied Bacteriology 62. 1987. pp. 473–477.

15 Viander B., Mäki M., Palva A. Impact of low salt concentration, salt quality on natural large-scale sauerkraut fermentation. Food Microbiology 20. 2003. pp. 391–395.

16 Johanningsmeier S., McFeeters R.F., Fleming H.P., Thompson R.L. Effects of *Leuconostoc mesenteroides* starter culture on fermentation of cabbage with reduced salt concentrations. Journal of Food Science 72. 2007. no. 5. pp. 166–172.

17 Wiander B., Palva A. Sauerkraut and sauerkraut juice fermented spontaneously using mineral salt, garlic and algae. Agricultural and Food Science 20. 2011. pp. 169–175.

18 Desai P., Sheth T. Controlled fermentation of vegetables using mixed inoculum of lactic cultures. Journal of Food Science and Technology 34. 1997. no. 3. pp. 155–158.

19 Hammes W.P. Bacterial starter cultures in food production. Food Biotechnology 4. 1990. no. 1. pp. 383–397.

20 Lücke F.K., Brümmer J.M., Buckenhuskes H.J. et al. Starter culture development. Processing and Quality of Foods. Food Biotechnology: Avenues to Healthy and Nutritious Products. 1990. vol. 2.

21 Di Cagno R., Coda R., De Angelis M., Gobbetti M. Exploitation of vegetables and fruits through lactic acid fermentation. Food Microbiology 33. 2013. pp. 1–10.

22 Swain M. R., Anandharaj M., Ray R.C., Rani R.P. 250 Fermented fruits and vegetables of Asia: A potential source of probiotics. Biotechnology Research International. 2014. pp. 424.

23 Papadimitriou K., Zoumpopoulou G., Foliñé B. et al. Discovering probiotic microorganisms: In vitro, in vivo, genetic and omics approaches. Frontiers in Microbiology 6. 2015. pp. 58.

24 Suskovic J., Kos B., Beganovic J. et al. Anti-microbial activity – The most important property of probiotic and starter lactic acid bacteria. Food Technology and Biotechnology 48. 2010. pp. 296–307.

25 Patel A., Shah N. Recent advances in anti-microbial compounds produced by food grade bacteria in relation to enhance food safety and quality. Journal of Innovative Biology. 2014. no. 1(4). pp. 189–194.

26 Wiander B., Ryhänen E.L. Identification of lactic acid bacteria strains isolated from spontaneously fermented sauerkraut and their use in fermentation of sauerkraut and sauerkraut juice in combination with a low NaCl content. Milchwissenschaft 63. 2008. pp. 386–389.

27 Hose H., Sozzi T. Processing and Quality of Foods. Food Biotechnology: Avenues to Healthy and Nutritious Products. 1990. vol. 2.

28 Kalantzopoulos G. Fermented Products with Probiotic Qualities. Anaerobe 3. 1997. pp. 185–190.

29 Masood M.I., Qadir M.I., Shirazi J.H., Khan I.U. Beneficial effects of lactic acid bacteria on human beings. Critical Reviews in Microbiology 37. 2011. pp. 91–98.

30 Salminen E., Elomaa I., Minkkinen J. et al. Preservation of intestinal integrity during radiotherapy using live *Lactobacillus acidophilus* cultures. Clinical Radiology 39. 1988. pp. 435–437.

31 Salminen S., Isolauri E., Salminen E. Clinical uses of probiotics for stabilizing the gut mucosal barrier: Successful strains and future challenges. Antonie van Leeuwenhoek 70. 1996. pp. 347–358.

32 Peñas E., Frias J., Sidro B., Vidal-Valverde C. Chemical evaluation and sensory quality of sauerkrauts obtained by natural and induced fermentations at different NaCl levels from brassica oleracea Var. capitata Cv. Bronco Grown in eastern Spain: Effect of storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry 58. 2010. no. 6. pp. 3549–3557.

33 Drosinos E.H., Paramithiotis S. Nutritional attributes of acetic acid fermented fruits and vegetables. Agro Food Industry Hi Tech 23. 2012. pp. 46–48.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Екатерина С. Шишлова старший научный сотрудник, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная, 78, г. Видное, 142703, Россия, tirina.k@yandex.ru

Наталья Е. Посокина к.т.н., заведующая лабораторией, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная, 78, г. Видное, 142703, Россия, labtech45@yandex.ru

Ольга Ю. Лялина ведущий научный сотрудник, лаборатория технологии консервирования, Всероссийский научно-исследовательский институт технологии консервирования, ул. Школьная, 78, г. Видное, 142703, olgalialina@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 18.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 13.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ekaterina S. Shishlova senior researcher, laboratory of technology of canning, Russian Research Institute of Canning Technology, 78, Shkolnaya Street, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, tirina.k@yandex.ru

Natalya E. Posokina Cand. Sci. (Engin.), head of the laboratory, laboratory of technology of canning, Russian Research Institute of Canning Technology, 78, Shkolnaya Street, Vidnoe, Moscow region, 142703 leading researcher 3, Russia, labtech45@yandex.ru

Olga Yu. Lyalina leading researcher, laboratory of technology of canning, Russian Research Institute of Canning Technology, 78, Shkolnaya Street, Vidnoe, Moscow region, 142703, Russia, olgalialina@yandex.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.18.2018

ACCEPTED 4.13.2018

Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств разных видов чая как исходного сырья для производства чайных экстрактов

Динара Ф. Валиулина¹ dinara-bakieva@mail.ru
Надежда В. Макарова¹ makarovnv1969@yandex.ru
Дмитрий В. Будылин¹

¹ Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия

Реферат. Одним из наиболее часто потребляемых источников натуральных антиоксидантов является чай. Высокое содержание фенольных веществ в нем, делает его отличным функциональным напитком. В настоящее время интерес к чаю велик не только как к самостоятельному напитку, но и как к исходному сырью для производства чайных экстрактов. Исследование проводилось на экстрактах, полученных из образцов листового чая иностранного и российского производства по следующим показателям: содержание растворимых сухих веществ в экстрактах чая; общее содержание фенольных веществ; общее содержание флавоноидов; общее содержание танинов; антирадикальная активность по методу DPPH; восстанавливающая сила по методу FRAP. В ходе проведения исследования видов чая, различных по способу обработки и по региону происхождения, было определено, что лидером среди представленных чаев является белый чай китайского происхождения, имеющий самую высокую антирадикальную активность и наибольшее содержание танинов. Сравнивая между собой зеленые чаи из Китая и России, можно заключить, что содержание отдельных групп веществ незначительно различается на фоне чуть более высокой антирадикальной активности чая китайского. В группе черных чаев лидирует по полученным результатам испытания чай индийский «Хармутти», значительно превосходя чай из Краснодарского края по антирадикальной активности и общему содержанию фенольных веществ. Таким образом, перспективными видами чая для профилактики заболеваний (диабет, атеросклероз, гипертония, болезнь Альцгеймера), возникающих как следствие окислительного стресса, являются чай белый китайский и чай зеленый Краснодарский.

Ключевые слова: чай, фенольные вещества, флавоноиды, антиоксидантная активность, окислительный стресс

Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant properties of different types of tea as a raw material for the production of tea extracts

Dinara F. Valiulina¹ dinara-bakieva@mail.ru
Nadezhda V. Makarova¹ makarovnv1969@yandex.ru
Dmitriy V. Budylin¹

¹ Samara State Technical university, Molodogvardiis'ka str., 224, Samara, 443100, Russia

Summary. One of the most frequently consumed sources of natural antioxidants is tea. High content of phenolic substances in it, makes it an excellent functional drink. At present, interest in tea is great not only as an independent drink, but also as a raw material for the production of tea extracts. The study was conducted on extracts obtained from samples of leaf tea of foreign and Russian origin in the following parameters: the content of soluble solids in tea extracts; total content of phenolic substances; total content of flavonoids; total content of tannins; antiradical activity by the DPPH method; restoring force by the method of FRAP. During the study of tea species, different in the way of processing and in the region of origin, it was determined that the leader among the presented teas is the white tea of Chinese origin, which has the highest antiradical activity and the highest content of tannins. Comparing green tea from China and Russia, it can be concluded that the content of individual groups of substances varies slightly against the background of slightly higher anti-radical activity of Chinese tea. In the group of black teas, the Indian "Harmutti" tea is in the lead by the results of the test, significantly exceeding tea from the Krasnodar Territory by antiradical activity and the total content of phenolic substances. Thus, promising types of tea for the prevention of diseases (diabetes, atherosclerosis, hypertension, Alzheimer's disease), arising as a consequence of oxidative stress, are tea white Chinese and green tea Krasnodar.

Keywords: tea, phenolic substances, flavonoids, antioxidant activity, oxidative stress

Введение

Современной науке хорошо известно такое понятие, как окислительный (оксидативный) стресс – деструктивный процесс, приводящий к повреждению клеточных структур в процессе окисления. Он является причиной или важной составляющей многих серьезных болезней: диабет, атеросклероз, гипертония, болезнь Альцгеймера [1].

Риск возникновения и развития выше упомянутых заболеваний можно снизить, потребляя в пищу достаточное количество веществ, способных противостоять разрушительному действию свободных радикалов. Антиоксидантные вещества – группа веществ, нейтрализующих окислительное действие свободных радикалов, супероксида, пероксида и валентных переходов ионов железа и меди

Для цитирования

Валиулина Д.Ф., Макарова Н.В., Будылин Д.В. Сравнительный анализ химического состава и антиоксидантных свойств разных видов чая как исходного сырья для производства чайных экстрактов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 249–255. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-249-255

For citation

Valiulina D.F., Makarova N.V., Budylin D.V. Comparative analysis of the chemical composition and antioxidant properties of different types of tea as a raw material for the production of tea extracts. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 249–255. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-249-255

в организме человека [2]. Наиболее распространенными природными источниками антиоксидантов являются: свежие ягоды и фрукты, сухофрукты, орехи, чай и кофе [3]. Введение в рацион питания природных источников натуральных антиоксидантов существенно снижает негативное влияние факторов, усиливающих окислительные процессы в организме человека, таким образом защищая от развития серьезных заболеваний [4].

Одним из наиболее часто потребляемых источников натуральных антиоксидантов является чай. Культура потребления чая в России документально зарегистрирована XVII в. Именно с тех давних пор чай стал популярным напитком всех слоев населения.

Чай – напиток, получаемый завариванием, настаиванием или варкой обработанных особым образом листьев чайного куста [5]. По способу обработки чай подразделяется на черный, зеленый, белый, желтый, красный (Улун), Пуэр [6]. В России наибольшей популярностью пользуются черный и зеленый виды чая. В среднем годовое потребление чая на душу населения среди россиян на 2016 г. составило 1.36 кг, что позволило занять четвертое место в мировом рейтинге по количеству потребляемого чая.

В настоящее время интерес к чаю велик не только как к самостоятельному напитку, но и как к исходному сырью для производства чайных экстрактов. Они нашли широкое применение в качестве компонентов чайных безалкогольных напитков, печенья, шоколада и т. д.

Проведенные исследования говорят о высоком содержании фенольных веществ в чае, что делает его отличным функциональным напитком [7]. Протекционные свойства чая против окислительного стресса в организме основаны прежде всего на способности его биоактивных веществ проявлять восстанавливающие свойства [8]. Травяные чаи в последнее время также приобретают большую популярность благодаря их репутации «улучшителей» здоровья человека. Так в статье нигерийских ученых исследован эффект по снижению содержания сахара в крови и тканях за счет употребления чая [9]. В течении 14 дней в рацион пациентов было включено употребление белого чая. Доза 100 мг/кг остаточна для снижения содержания сахара в крови, что свидетельствует о наличии антидиабетического эффекта для данного вида чая [10].

Все большее количество людей во всем мире страдают тяжелыми заболеваниями нервной системы – болезнью Альцгеймера и Паркинсона. Тогда как китайские ученые доказывают эффективность использования полифенолов чая в качестве профилактических средств для снижения риска нейродегенеративных болезней [11].

Чай, собранный с плантаций Индии, изучался в качестве антимикробного средства

против *Salminella typhi*, *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas fluorescens*, *Aeromonas hydrophila*, *Staphylococcus aureus*. Действие чая сравнивалось со стрептоцидом и ципрофлоксацином. Отмечено, что большинство микроорганизмов чувствительно к действию экстрактов чая [12].

Австралийские ученые приводят данные анализа профилактики многих видов рака (лейкемия, яичников, молочных желез) для жителей различных областей Китая. По мнению этих ученых на основании полученных данных, а также исследований на животных, можно считать, что полифенолы зеленого чая обладают антиканцерогенными свойствами [13].

В обзорной работе немецких ученых представлен анализ данных по использованию зеленого чая и его экстрактов в качестве средства для профилактики и лечения рака [14]. Зеленый чай может выступать в качестве средства для увеличения продолжительности и улучшения качества жизни.

Значительное содержание полифенолов, преимущественно катехина и его производных, обуславливает профилактические и защитные качества чая против опухолевых и сердечно-сосудистых заболеваний [15]. Также широко известно превентивное действие полифенольных веществ чая на развитие кариеса и общее антимикробное действие [16].

Многие ученые в приведенных выше работах считают, что биологическая активность чая напрямую связана с его антиоксидантными свойствами. Исследования антиоксидантной активности чая имеют широкое распространение. Польские ученые получили из чая препарат Polyphenon 60, который изготовлен на основе катехинов зеленого чая [14]. Для данного препарата методом ВЭЖХ исследован фенольный профиль, антирадикальная активность по методам DPPH и ABTS, восстанавливающая сила для ионов Cu^{2+} и Fe^{2+} . В составе препарата содержатся галловая кислота, витамин В1, катехины различного строения. Полученные результаты по антиоксидантным свойствам препарата Polyphenon 60 позволяют рекомендовать его как эффективное профилактическое средство.

Исследования общего содержания катехинов, полифенолов, теафлавинов, общей антиокислительной активности были проведены для 46 образцов чая различных производителей и различных площадок сбора (Шри-Ланка, Турция, Индия, Кения, Грузия, Индонезия и т. д.) [18]. Чай были как зеленый, черный, oolong, Puerh. Отличия в показателях наблюдаются не только для разных типов чая, но и для одного типа чая, но разных производителей.

Интерес малайзийских ученых привлекли 12 клонов чая, отличающихся по размеру листьев. Для этих клонов изучено общее содержание

фенолов, флавоноидов, антирадикальная активность. Среди лидеров по химическому составу можно выделить клон 100. Этот клон имеет хороший уровень показателей по улавливанию радикалов 2,2-дифенил-1-пикрилгидраза [19].

С помощью методологии поверхностного отклика на примере зеленого чая определены условия экстракции (растворитель, время, температура) для получения экстрактов с высокими антирадикальными свойствами [20].

Индийские ученые провели ряд экспериментов на животных по использованию чая в качестве средства по торможению окислительного стресса в крови мышей. Именно катехины зеленого чая показывают положительные результаты [21].

Цель работы – определение содержания антиоксидантных веществ (общее содержание фенольных веществ, общее содержание флавоноидов, общее содержание танинов, антирадикальная активность по методу DPPH, восстанавливающая сила по методу FRAP) в различных видах чая иностранного и российского производства и выявление перспективных видов чая, как исходного сырья для производства экстрактов, с точки зрения профилактики заболеваний, вызываемых окислительным действием свободных радикалов.

Материалы и методы Образцы проб чая

В качестве образцов чая были взяты следующие его виды, различные по способу производства и региону происхождения:

1. чай черный (производство Индия);
2. чай черный (производство Россия)
3. чай зеленый (производство Китай)
4. чай зеленый (производство Россия);
5. чай белый (производство Китай).

Чай черный листовой производства Индии и России был приобретен в розничной сети. Чай черный индийский «Хармутти» – крупнолистовой чай, выращиваемый в индийском штате Ассам на плантации Хармутти. Чай черный российский «Краснодарский» – крупнолистовой чай, выращиваемый в Краснодарском крае Российской Федерации. Чай, производимый на плантациях Краснодарского края, является самым северным чаем в мире.

Чай зеленый «Ганпаудер» – китайский зеленый листовой чай, собранный в провинции Чженцзянь. Чай зеленый «Краснодарский» – российский зеленый чай, выращен и произведен в Краснодарском крае с. Измайловка.

Чай белый «Бай Му Дань» – китайский белый чай, выращивается в провинции Фуцзянь, технология производства исключает процесс ферментации.

Исследование проводилось на экстрактах, полученных из образцов чая.

Изучение образцов листового чая проводилось по следующим показателям:

1. содержание растворимых сухих веществ в экстрактах чая;
2. общее содержание фенольных веществ;
3. общее содержание флавоноидов;
4. общее содержание танинов;
5. антирадикальная активность по методу DPPH;
6. восстанавливающая сила по методу FRAP.

Получение экстрактов чая

Навеска чая весом 1 г помещалась в стеклянную колбу с притертой крышкой, заливалась 4 г водно-спиртовой смеси (соотношение объемных долей воды и спирта 96.6% 1:1). Далее проводилось экстрагирование при температуре 37 °С в течение 24 часов. После окончания времени экстракции полученный раствор отфильтровывался на бумажном фильтре с ватным тампоном и помещался в чистую стеклянную колбу с притертой крышкой. Для каждого образца чая были взяты 3 пробы.

Определение сухих веществ экстракта чая

Массовая доля растворенных сухих веществ экстракта чая определяют рефрактометрическим методом по ГОСТ ISO 2173–2013 «Продукты переработки фруктов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ».

Доводят температуру экстракта до температуры +20 °С. Наносят 2–3 капли на неподвижную призму рефрактометра и накрывают подвижной призмой. Подводят линию, разделяющую темное и светлое поле в окуляре, точно на перекрестье в окошке окуляра и считывают показатель массовой доли сухих веществ в исследуемом растворе. Измерение проводят трижды, а из полученных результатов выводят среднее арифметическое значение.

Определение общего содержания фенольных веществ

В качестве исходного метода была взята методика [22] с модификацией для своих экстрактов чая. Исследуемый экстракт в количестве 0.25 см³ смешивают с 4 см³ дистиллированной воды и прибавляют 0.25 см³ водного раствора реактива Фолина-Чокалтеу (в соотношении 1:1), а следом 0.25 см³ раствора насыщенного карбоната натрия. Полученную смесь оставляют в покое на 30 мин, и далее проводят измерение оптической плотности проб на спектрофотометре при длине световой волны 725 нм. Результаты рассчитывают по калибровочной кривой в мг галловой кислоты/100 г. исходного сырья.

Определение общего содержания флавоноидов

Определение проводят фотометрическим методом путем измерения оптической плотности раствора исследования на спектрофотометре

при длине световой волны 510 нм. В качестве исходной методики была взята [23] с изменениями для экстрактов чая. Для приготовления раствора исследования 0.5 см³ исходного экстракта чая смешивают с 2.5 см³ дистиллированной воды и 0.15 см³ 5% раствора нитрита натрия, выдерживают паузу 5 мин, затем прибавляют 0.3 см³ 10% хлорида алюминия, оставляют в покое еще на 5 мин, после чего раствор готов для измерения. Результаты выражают в мг катехина/100 г. исходного сырья, определенные по калибровочной кривой.

Определение общего содержания танинов

В качестве исходной методики взята [24] с изменениями для экстракта чая. Для приготовления исследуемого раствора смешивают 0.5 см³ исходного экстракта чая, 3 см³ 4% раствора ванилина в этаноле и 1.5 см³ концентрированной соляной кислоты. Выдерживают 15 мин, затем проводят измерение оптической плотности на спектрофотометре при длине световой волны 500 нм. Результаты измерений выражают в мг катехина/100 г. исходного сырья, определяемые по калибровочному графику.

Определение антирадикальной активности по методу DPPH

Для определения антирадикальной активности объектов исследования используют раствор 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила в этаноле, имеющий насыщенную пурпурно-синюю окраску. За основу взята методика [25] в собственной модификации для экстрактов чая. Из каждой пробы чая приготавливают растворы различной концентрации из которых далее отбирается в пробирку 0.2 см³, 2 см³ дистиллированной воды, 2 см³ раствора DPPH. Готовые растворы оставляют в защищенном от света месте на 30 мин. Далее на спектрофотометре измеряется оптическая плотность полученных растворов исследования при длине световой волны 517 нм. Определение антиоксидантной активности ведется по показателю E_{c50} как концентрации экстракта, необходимой для поглощения 50% свободных радикалов DPPH.

Определение восстанавливающей силы по методу FRAP

В качестве исходной методики используют метод [26] с модификацией для экстрактов чая. Для приготовления раствора исследования смешивают в пробирке 0.1 см³ исходного экстракта чая, 3 см³ дистиллированной воды, 1 см³ раствора реагента FRAP и оставляют на 4 мин в термостате при температуре 37 °С. Далее проводят измерение оптической плотности полученного раствора на спектрофотометре при длине световой волны 593 нм. Результаты рассчитывают в данных значениях FRAP по калибровочному графику в моль Fe²⁺/1 кг исходного сырья.

Результаты и обсуждение

Массовая доля растворенных сухих веществ экстракта чая

Измеренные значения массовой доли растворенных сухих веществ представлены на рисунке 1. В экстракте белого чая содержание сухих веществ составило 16,2%, в зеленом китайском чае 19%, в зеленом российском 18%. Экстракты чая черного индийского и черного российского содержат 18% и 16% соответственно. Таким образом, экстракт зеленого китайского чая содержит максимальное количество сухих веществ. Напротив, минимальное значение содержания сухих веществ наблюдается в экстракте черного российского чая.

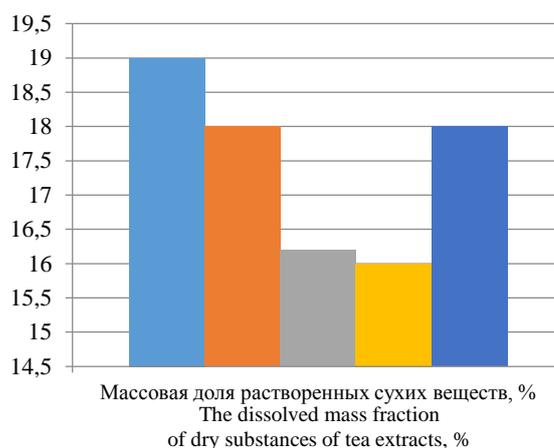


Рисунок 1. Массовая доля растворенных сухих веществ экстрактов чая ■ – Чай зеленый (Китай); ■ – Чай зеленый (Россия); ■ – Чай белый (Китай); ■ – Чай черный (Россия); ■ – Чай черный (Индия)

Figure 1. The dissolved mass fraction of dry substances of tea extracts ■ – Green Tea (China); ■ – Green Tea (Russia); ■ – White Tea (China); ■ – Black Tea (Russia); ■ – Black Tea (India)

Общее содержание фенольных веществ

Полученные результаты изображены на рисунке 2.

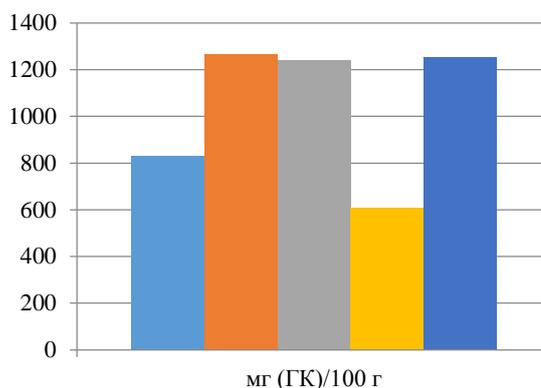


Рисунок 2. Общее содержания фенольных веществ в различных видах чая ■ – Чай зеленый (Китай); ■ – Чай зеленый (Россия); ■ – Чай белый (Китай); ■ – Чай черный (Россия); ■ – Чай черный (Индия)

Figure 2. The total content of phenolic substances in different types of tea ■ – Green Tea (China); ■ – Green Tea (Russia); ■ – White Tea (China); ■ – Black Tea (Russia); ■ – Black Tea (India)

Лидером по содержанию фенольных веществ является чай зеленый из Краснодарского края Российской Федерации со значением 1267 мг (ГК)/100 г. (ГК – галловая кислота). Практически равное содержание обнаружено в китайском белом чае и черном индийском чае, 1253 мг (ГК)/100 г. и 1243 мг (ГК)/100 г. соответственно. Значительно низкое содержание фенольных веществ, практически в 2 раза, обнаружено в чае зеленом китайском и чае черном российском, и составило 832 мг (ГК)/100 г. и 607 мг (ГК)/100 г. соответственно.

Таким образом, абсолютным лидером по содержанию фенолов является зеленый чай российского производства, а «аутсайдером» – черный чай российского производства.

Общее содержание флавоноидов

В целом общее содержание флавоноидов в исследуемых образцах чая незначительно различается. Минимальное значение составило 336 мг (К)/100 г. (К – кахетин), которое соответствует содержанию флавоноидов в черном индийском чае, и 338 мг (К)/100 г. в чае черном краснодарском. Несколько большие значения принадлежат белому чаю из Китая и зеленому чаю из России и составляют 383 мг (К)/100 г. и 385 мг (К)/100 г. соответственно. Наибольшее значение 403 мг (К)/100 г. соответствует общему содержанию флавоноидов в китайском зеленом чае. Результаты изображены на рисунке 3.

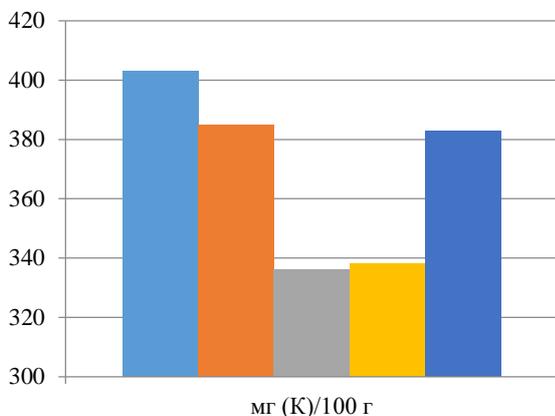


Рисунок 3. Общее содержание флавоноидов в различных видах чая ■ – Чай зеленый (Китай); ■ – Чай зеленый (Россия); ■ – Чай белый (Китай); ■ – Чай черный (Россия); ■ – Чай черный (Индия)

Figure 3. The total content of flavonoids in different types of tea ■ – Green Tea (China); ■ – Green Tea (Russia); ■ – White Tea (China); ■ – Black Tea (Russia); ■ – Black Tea (India)

Разница между основным лидером – зеленым китайским чаем и чаем с наиболее низким значением флавоноидов составляет 16,6%.

Общее содержание танинов

Как видно из рисунка 4 в ходе определения общего содержания танинов в исследуемых образцах было определено, что максимальное

количество танинов в пересчете на катехин обнаружено в белом чае из Китая – 125.31 мг (К)/100 г., а минимальное составило 95.39 мг (К)/100 г. – у чая зеленого китайского. В российском черном чае танинов содержится больше, чем в российском зеленом чае, 115.8 мг (К)/100 г. и 112.73 мг (К)/100 г. соответственно.

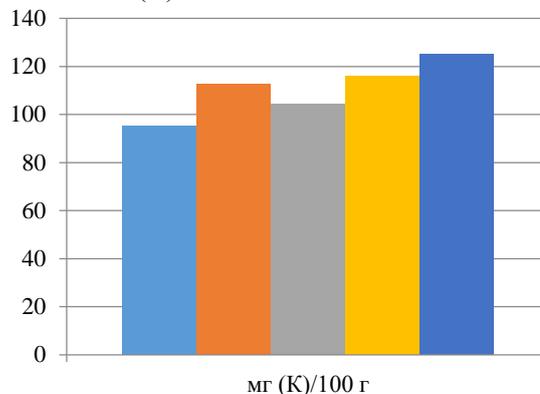


Рисунок 4. Общее содержание танинов в различных видах чая ■ – Чай зеленый (Китай); ■ – Чай зеленый (Россия); ■ – Чай белый (Китай); ■ – Чай черный (Россия); ■ – Чай черный (Индия)

Figure 4. The total content of tannins in different types of tea ■ – Green Tea (China); ■ – Green Tea (Russia); ■ – White Tea (China); ■ – Black Tea (Russia); ■ – Black Tea (India)

Российскому чаю уступает также чай черный из Индии со значением 104.34 мг (К)/100 г.

Лидер по содержанию танинов – белый китайский чай, он имеет показатели в 1,3 раза большие, чем зеленый китайский чай.

Антирадикальная активность по методу DPPH

Наименьшая антирадикальная активность выявлена у чая черного российского производства, выращенного и прошедшего технологическую обработку в Краснодарском крае, и составила $Es_{50} = 0.91$ мг/см³. Результаты исследования представлены на рисунке 5.

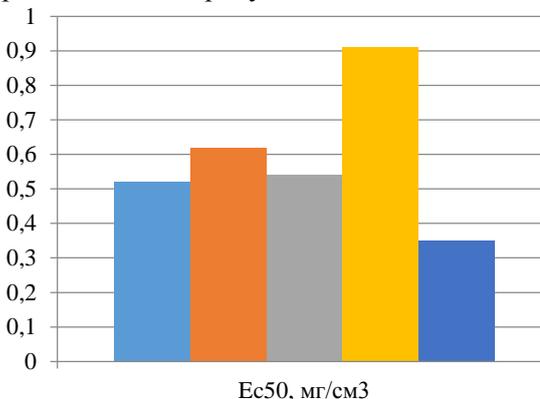


Рисунок 5. Антирадикальная активность по методу DPPH в различных видах чая ■ – Чай зеленый (Китай); ■ – Чай зеленый (Россия); ■ – Чай белый (Китай); ■ – Чай черный (Россия); ■ – Чай черный (Индия)

Figure 5. Antiradical activity by DPPH method in different types of tea ■ – Green Tea (China); ■ – Green Tea (Russia); ■ – White Tea (China); ■ – Black Tea (Russia); ■ – Black Tea (India)

Восстанавливающая сила по методу FRAP

Немного большую активность проявил чай зеленый производства России – 0.62 мг/см³. Далее в сторону увеличения антирадикальной активности расположены чай черный индийский и чай зеленый из Китая со значениями концентрации, при которой антирадикальная активность составляет 50%, 0.54 мг/см³ и 0.52 мг/см³ соответственно. Наивысшая активность проявлена у белого китайского чая и равна 0.35 мг/см³.

Таким образом, наивысшей антиоксидантной активностью обладает белый китайский чай.

У зеленого чая производства Китая выявлено максимальное значение восстанавливающей силы, что составило 18.72 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья. У белого китайского чая получено значение 17.28 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья, что выше значений чая зеленого российского 16.92 ммоль Fe²⁺/1 кг. Немного меньшую восстанавливающую силу проявляет черный российский чай 15.84 ммоль Fe²⁺/1 кг, и минимальное значение 14.58 Fe²⁺/1 кг исходного сырья принадлежит чаю черному из Индии. На рисунке 6 показаны результаты испытаний.

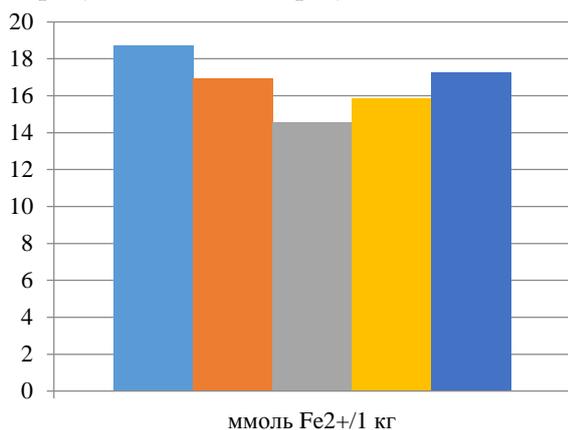


Рисунок 6. Восстанавливающая сила по методу FRAP в различных видах чая ■ – Чай зеленый (Китай); ■ – Чай зеленый (Россия); ■ – Чай белый (Китай); ■ – Чай черный (Россия); ■ – Чай черный (Индия)

Figure 6. Regenerating power by FRAP method in different types of tea ■ – Green Tea (China); ■ – Green Tea (Russia); ■ – White Tea (China); ■ – Black Tea (Russia); ■ – Black Tea (India)

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Nagao, T., Hase, T. and Tokimitsu, I. A green tea extract high in catechins reduced body fat and cardiovascular risks in humans // *Obesity* (Silver Spring). 2007. Vol. 15. P. 1473–1483.
- 2 Young, I.S., Woodside, J.V. Antioxidants in health and disease // *F Clin Pathol*. 2001. Vol. 54. P. 176–186.
- 3 Abd El-Moneim M.R. AFIFY, Emad A. SHALABY, Hossam Saad EL-BELTAGI. Antioxidant Activity of Aqueous Extracts of Different Caffeine Products // *Not Bot Horti Agrobo*. 2011. Vol. 39, № 2. P. 117–123.
- 4 Balentine, D.A., Wiseman, S.A., Bouwens, L.C.M. The chemistry of tea flavonoids // *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*. 1997. Vol. 37. P. 693–704.

Таким образом, по значению FRAP все чаи можно расположить в ряд по убыванию показателей: зеленый китайский, белый китайский, зеленый российский, черный российский, черный индийский.

Заключение

В ходе проведения исследования видов чая, различных по способу обработки и по региону происхождения, было определено, что лидером среди представленных чаев является белый чай китайского происхождения, имеющий самую высокую антирадикальную активность и наибольшее содержание танинов. Сравнивая между собой зеленые чаи из Китая и России, можно заключить, что содержание отдельных групп веществ незначительно различается на фоне чуть более высокой антирадикальной активности чая китайского. В группе черных чаев лидирует по полученным результатам испытания чай индийский «Хармутти», значительно превосходя чай из Краснодарского края по антирадикальной активности и общему содержанию фенольных веществ.

Ценность белого китайского чая с точки зрения содержания веществ, способных снизить оксидативный стресс в организме человека, очевидна и делает его лидером среди чаев, представленных на широком потребительском рынке. Наряду с этим важно отметить, что российский зеленый чай, выращенный и произведенный в Краснодарском крае, имеет несколько меньшие значения содержания активных веществ и значительно более доступную стоимость, чем белый китайский чай.

Таким образом, перспективными видами чая для профилактики заболеваний, возникающих как следствие окислительного стресса, являются чай белый китайский и чай зеленый краснодарский.

5 Sharangi, A.B. Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis L.*) // *Food Research International*. 2009. Vol. 42. P. 529–535.

6 Pereira, V.P., Knor, F.J., Velloso, J.C.R., Beltrame, F.L. Determination of phenolic compounds and antioxidant activity of green, black and white teas of *Camellia sinensis (L.) Kuntze*, Theaceae // *Rev. Bras. Pl. Med*. 2014. Vol. 16, № 3. P. 490–498.

7 Dutta, A.K., Siddiquee, M.A., Hossain, S., Karib, Y. Finlay green tea possesses the highest in vitro antioxidant activity among the 20 commercially available tea brands of Bangladesh // *Malaysian Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2013. Vol. 11, № 2. P. 11–20.

8 Amarowicz, R., Shahidi, F. Presence of two forms of methylated epigallocatechin-3-gallate in green tea // *Nahrung*. 2003. Vol. 47. P. 21–23.

9 Bede, E.N., Obi, A.U., Onuegbu, N. Anti-diabetic effect of a herbal tea processed from 'Nchannwu' (*Ocimum gratissimum*) leaves on alloxan-induced diabetic rats // *IOSR-JESTFT*. 2014. Vol. 8, № 8. P. 36–40.

10 Lia, A., Rani, S., Berna E. Antidiabetic activity studies of white tea (*Camellia sinensis* (L.) O. Kuntze) ethanolic extracts in streptozotocin-nicotinamide induced diabetic rats / A. Lia // *Pharmacogn J*. 2018. Vol. 10, № 1. P. 186–189.

11 Chen, S.Q. et al. Neuroprotective Effects and mechanisms of tea bioactive components in neurodegenerative diseases // *Molecules*. 2018. Vol. 23. P. 1–17.

12 Ponmurugan, P., Aldhafiri, F.K., Balakrishnan, S. Antibacterial activity of green tea leaves // *Int. J. Microbiol. App. Sci.* -2016. Vol. 5, № 11. P. 472–477.

13 Zhang, M. et al. Green tea for the prevention of cancer: evidence of field epidemiology // *Functional foods in health and disease*. 2012. Vol. 2, № 10. P. 339–350.

14 Schulze, J. et al. Green tea and its extracts in cancer prevention and treatment // *Beverages*. 2017. Vol. 3, № 17. 41p.

15 Gramza, A., Korczak, J., Amarowicz, R. Tea polyphenols their antioxidant properties and biological activity a review // *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2005. Vol. 14/55, № 3. P. 219–235.

16 Shin, J.E., Kim, J.M., Bae, E.A. In vitro inhibitory effect of flavonoids on growth, infection and vacuolation of *Helicobacter pylori* // *Planta Med.* 2005. Vol. 71. P. 197–201.

17 Masek, A. et al. Antioxidant and antiradical properties of green tea extract compounds // *Int. J. Electrochem. Sci.* 2017. Vol. 12. P. 6600–6610.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Динара Ф. Валиулина к.т.н., доцент, кафедра, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия, dinara-bakieva@mail.ru

Надежда В. Макарова д.х.н., профессор, кафедра, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия, makarovnv1969@yandex.ru

Дмитрий В. Будылин аспирант, кафедра, Самарский государственный технический университет, ул. Молодогвардейская 244, г. Самара, 443100, Россия,

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 07.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 28.06.2018

18 Yashin, A., Yashin, Y., Nemzer, B. Determination of antioxidant activity in tea extracts, and their total antioxidant content // *American journal of biomedical sciences*. 2011. Vol. 3, № 4. P. 322–335.

19 Gonbad, R.A. et al. Phytoconstituents and antioxidant properties among commercial tea (*Camellia sinensis* L.) clones of Iran // *Electronic journal of biotechnology*. 2015. Vol. 18. P. 433–438.

20 Kim, M.J. et al. Effect of extraction conditions of green tea on Antioxidant activity and EGCG content: optimization using response surface methodology // *Natural product sciences*. 2016. Vol. 22, № 4. P. 270–274.

21 Sharma, P., Goyal, P.K. Anti-oxidative and anti-metelotoxic properties of green tea catechin: a preliminary study // *Americal journal of ethnomedicine*. 2015. Vol. 2, № 1. P. 21–38.

22 Afshar, F.H. et al. Cimparison of the total phenol, flavonoid contents and antioxidant activity of methanolic extracts of *Artemisia spicigera* and *A. splendens* growing in Iran // *Pharmaceutical sciences*. 2012. Vol. 18, № 3. P. 165–170.

23 Rohman, A. et al. Antioxidant activity, total phenolic, and total flavonoid of extracts and fractions of red fruit (*Pandanus conoideus* Lam) // *Int. Food research journal*. 2010. Vol. 17. P. 97–106.

24 Rebaya, A. et al. Total phenolic, total flavonoid, tannin content, and antioxidant capacity of *Halimium halimifolium* (cistaceae) / A. Rebaya // *Journal of applied pharmaceutical science*. 2015. Vol. 5, № 1. P. 52–57.

25 Ditrych, M., Kordialic-Bogacka, E., Czyzowska, A. Antiradical and reducing potential of commercial beers // *Czech J. Food sci.* 2015. Vol. 33, № 3. P. 261–266.

26 Babu, D. et al. Antioxidant and free radical scavenging activity of triphala determined by using different *in vitro* models // *Journal of medicinal plant research*. 2013. Vol. 7, № 39. P. 2898–2905.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dinara F. Valiulina candidate of technical sciences, assistant professor, department, Samara State Technical university, Molodogvardiis'ka str., 224, Samara, 443100, Russia, dinara-bakieva@mail.ru

Nadezhda V. Makarova doctor of chemical sciences, professor, department, Samara State Technical university, Molodogvardiis'ka str., 224, Samara, 443100, Russia, makarovnv1969@yandex.ru

Dmitriy V. Budylin graduate student, department, Samara State Technical university, Molodogvardiis'ka str., 224, Samara, 443100, Russia,

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.7.2018

ACCEPTED 6.28.2018

Технологические решения интеллектуальной обработки данных в пищевой промышленности

Марина А. Никитина¹ m.nikitina@fncps.ru
Виктория А. Пчелкина¹ v.pchelkina@fncps.ru
Оксана А. Кузнецова¹ o.kuznecova@fncps.ru

¹ ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, Москва, ул. Талалихина, 26, г. Москва, 109316, Россия

Реферат. Статья посвящена возможностям применения искусственных нейронных сетей (ИНС), которые представляют собой математическую модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенную по принципу организации и функционирования сетей нервных клеток живого организма. Сверточные нейронные сети устроены наподобие зрительной коры головного мозга и достигли большого успеха в распознавании изображений, они умеют концентрироваться на небольшой области и выделять в ней важные особенности. Отмечено широкое использование ИНС в медицине для оценки рентгенограмм, уровня артериального давления и индекса массы тела пациентов по анализу их сетчатки. Перспективным является применение ИНС в пищевой промышленности для осуществления входного контроля качества сырья. В мировой практике применяют разные методы дистанционного контроля сырья, для этого в основном используют приборы на основе ультразвукового сканирования. Такие приборы и системы анализа осуществляют контроль сырья по соотношению тканей мяса (мышечной, соединительной, жировой) в туше или полутуше, не затрагивая структуру тканей, не проводят оценку качества на клеточном (микроструктурном) уровне. Установлено, что структура мышечной ткани (диаметр мышечных волокон, сохранность клеточных элементов, порозность ткани, целостность мышечных волокон) отражает качество сырья, его термическое состояние. Начата работа по созданию экспертной системы контроля качества мясного сырья на микроструктурном уровне с использованием современных интеллектуальных технологий (ИНС) и компьютерного зрения. Данное направление является актуальным и социально-значимым в развитии мясной промышленности, так как позволит существенно ускорить процесс анализа качества мясного сырья в исследовательских лабораториях мясоперерабатывающих предприятий и испытательных центрах и повысить объективность получаемых результатов.

Ключевые слова: информационные технологии, искусственная нейронная сеть, дистанционный контроль сырья, гистологический анализ

Technological solutions for intelligent data processing in the food industry

Marina A. Nikitina¹ m.nikitina@fncps.ru
Viktoriya A. Pchelkina¹ v.pchelkina@fncps.ru
Oksana A. Kuznetsova¹ o.kuznecova@fncps.ru

¹ V.M. Gorbатов Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Talalikhina Str. 26, Moscow, 109316, Russia

Summary. The article is devoted to the possibilities of application of artificial neural networks (ANN), which are a mathematical model, as well as its software or hardware implementation, built on the principle of organization and functioning of nerve cell networks of a living organism. Convolutional neural networks are arranged like the visual cortex of the brain and have achieved great success in image recognition, they are able to concentrate on a small area and highlight important features in it. The widespread use of ANN in medicine for the evaluation of radiographs, blood pressure and body mass index of patients on the analysis of their retina is noted. The use of ANN in the food industry for input quality control of raw materials is promising. In the world practice, various methods of remote control of raw materials are used, for this purpose ultrasonic scanning devices are mainly used. Such devices and analysis systems control raw materials by the ratio of meat tissues (muscle, connective, fat) in the carcass or half-carcass, without affecting the tissue structure, do not lead the quality at the cellular (microstructural) level. It is established that the structure of muscle (diameter of muscle fibers, the safety of the cellular elements, the porosity of the tissue, integrity of muscle fibers) reflects the quality of the raw material, its thermal state. Our work has begun on the creation of an expert system for quality control of meat raw materials at the microstructural level using modern intelligent technologies as ANN and computer vision. This direction is relevant and socially significant in the development of the meat industry, as it will significantly speed up the process of analysis of the quality of raw meat in the research laboratories of meat processing enterprises and testing centers and improve the objectivity of the results.

Keywords: information technology, neural network, remote control of raw materials, histological assay

Введение

Нейросетевые технологии – это один из старейших алгоритмов машинного обучения. Искусственная нейронная сеть (ИНС) представляет собой математическую модель, а также её программное или аппаратное воплощение, построенную по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма. Это понятие возникло при изучении

процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы. Первой такой попыткой были нейронные сети Уоррена Маккалока и Уолтера Питтса, ими же в 1943 г. был предложен первый формальный нейрон – ячейка нейронной сети [1]. В 1958 году Фрэнк Розенблатт предложил первую самую простую нейронную сеть, которая уже могла разделять объекты в двухмерном пространстве.

Для цитирования

Никитина М.А., Пчелкина В.А., Кузнецова О.А. Технологические решения интеллектуальной обработки данных в пищевой промышленности // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 256–263. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-256-263

For citation

Nikitina M.A., Pchelkina V.A., Kuznetsova O.A. Technological solutions for intelligent data processing in the food industry. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 256–263. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-256-263

В последнее время ИНС обрели вторую жизнь. Это обусловлено несколькими причинами, а именно:

1. Объем данных. В отличие от большинства алгоритмов ИНС очень критичны к объему данных, к объему обучающей выборки, которая необходима для того, чтобы их натренировать. На маленьком объеме данных сети плохо работают: они плохо обобщают, плохо работают на примерах, которые они не видели в процессе обучения;

2. Вычислительные ресурсы. ИНС – один из самых тяжеловесных алгоритмов машинного обучения. Необходимы огромные вычислительные ресурсы, не только чтобы обучить нейронную сеть, но, и чтобы ее применять. И сейчас такие ресурсы есть;

3. Новые алгоритмы. Наука не стоит на месте, и теперь мы больше понимаем о том, как обучать подобного рода структуры.

Формальный нейрон h – очень простой элемент, у которого есть какое-то ограниченное количество входов (x_1, \dots, x_n), к каждому из этих

входов привязан некоторый вес (w_1, \dots, w_n), и нейрон h осуществляет взвешенную суммацию своих входов. На входе могут быть, например, пиксели изображения. Структура формального нейрона представлена на рисунке 1.

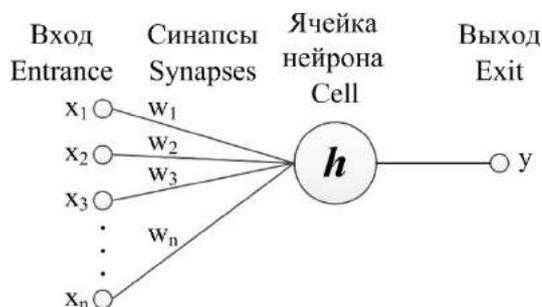
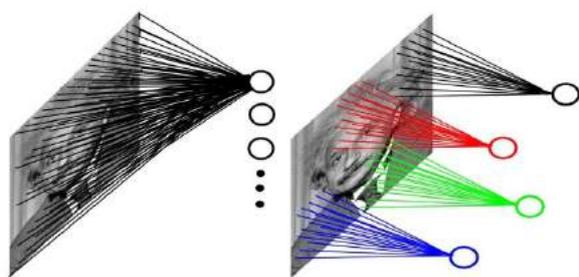


Рисунок 1. Структура формального нейрона

Figure 1. Structure of a formal neuron

Ячейка нейрона осуществляет взвешенную суммацию входов и осуществляет нелинейное преобразование.



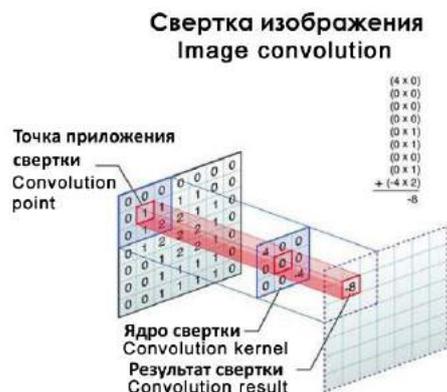
LeCun Y., Ranzato M. <http://www.cs.nyu.edu/~yann/talks/lecun-ranzato-icml2013.pdf>, ICML 2013

(a) архитектура CNN | architecture of CNN

Рисунок 2. Сверточная нейронная сеть

Figure 2. Convolution neural network (CNN)

Изначально при анализе и классификации изображений нейронные сети показывали посредственные результаты. Это наблюдалось до момента разработки новой архитектуры ИНС – сверточной нейронной сети (CNN). Под CNN люди обычно подразумевают компьютерное зрение. CNN лежали в основе прорывов в классификации изображений – знаменитый AlexNet, победитель соревнования ImageNet в 2012 году, с которого начался бум интереса к этой теме. С тех пор CNN достигли большого успеха в распознавании изображений, в силу того факта, что они устроены наподобие зрительной коры головного мозга, то есть умеют



(b) свертка изображения | image convolution

концентрироваться на небольшой области и выделять в ней важные особенности

В архитектуре CNN (рисунок 2a) каждый из нейронов подсоединен только к небольшой части изображения.

Работа CNN обычно интерпретируется как переход от конкретных особенностей изображения к более абстрактным деталям, и далее к ещё более абстрактным деталям вплоть до выделения понятий высокого уровня. При этом сеть самонастраивается и вырабатывает необходимую иерархию абстрактных признаков (последовательности карт признаков), фильтруя маловажные детали и выделяя существенное.

На рисунке 2b представлен этап свертки изображения. В центре находится ядро свертки – это совокупность весов этого нейрона. Применяя ядро свертки во всех пикселях изображения последовательно, осуществляется взвешивание пикселей в этом квадрате на веса, таким образом, получаем некоторое новое значение. Можно сказать, что мы преобразовали картинку, прошли по ней фильтром и получили некоторое преобразованное изображение. Впервые ИНС распознала цифры в 1993 году (Ян Лекун, Париж).

Основная часть

Решения на основе нейронных сетей на данный момент показывают самые лучшие результаты в различных областях человеческих знаний. Одним из важных применений ИНС является обработка изображений в медицине, другая область – промышленность. В качестве примеров приводим наиболее значимые результаты использования ИНС в 2018 году:

1. Разработчики Стэнфордского университета (коллектив ученых факультетов информатики, медицинского и радиологии) представили крупномасштабную базу данных скелетно-мышечных рентгенограмм (MURA), содержащую более 40 тысяч рентгеновских снимков поврежденных конечностей, полученных в ходе 14982 исследований, где результат каждого исследования был вручную помечен радиологами как «нормальный» или «ненормальный (паталогический)» [3].

На основании этого набора данных была обучена 169-слойная сверточная нейронная сеть для выявления и локализации аномалии. Эффективность распознавания натренированной нейросети сравнивали с работой трех врачей радиологов: нейросеть правильно определила повреждения почти в 75 (74,9)% случаев. Этот показатель оказался выше результата одного из участвовавших в исследовании врачей. База данных MURA выложена в открытый доступ на сайте Стэнфордского университета

2. Компания VerilyLifeSciences (холдинг Alphabet) разработала алгоритм, который определяет возраст, пол и различные медицинские показания (например, уровень артериального давления или индекс массы тела) пациентов по анализу их сетчатки [4]. Такой метод диагностики может помочь в прогнозировании сердечно-сосудистых заболеваний.

Для обучения алгоритма ученые использовали 284335 изображений сетчатки, соотнесенных

с несколькими показателями: пол, возраст, артериальное давление, индекс массы тела и гликированный гемоглобин – биохимический показатель, отражающий среднее содержание глюкозы в крови за длительный период (до 3 мес.). Также использовали информацию о курении, и о развитии сердечно-сосудистых заболеваний в течение 5 лет после первоначального сбора данных.

Разработанный классификатор протестировали на двух независимых базах данных (12026 и 999 участников). Ученым удалось эффективно предсказать биологические показатели участников, и определить риск развития сердечно-сосудистых заболеваний с точностью 70%.

3. Китайский ИТ-гигант Alibaba подписал контракт с производителями свиней DekonGroup и корма для скотины TequGroup на разработку и внедрение ИИ-системы, которая позволит следить за многомиллионным поголовьем [5]. Сделка с Alibaba стоимостью в несколько миллионов долларов предполагает замену радиочастотной идентификации на технологию машинного зрения. Идея состоит в том, чтобы отслеживать свиней с помощью камер, которые будут вести учет скотины, ориентируясь на клейма с ID на их спинах. Первоначально система будет только пересчитывать свиней и поросят, но впоследствии Alibaba собирается ее усовершенствовать и предложить более комплексные решения.

Крупные базы данных способствовали появлению алгоритмов глубокого обучения, которые в таких задачах, как распознавание изображений [6], распознавание речи [7] и ответы на вопросы [8], достигают или приближаются по эффективности к уровню человека. В выявлении диабетической ретинопатии [9], рака кожи [10], сердечных аритмий [11], кровоизлияния в мозг [12], пневмонии [13] и переломов бедра [14] крупномасштабные медицинские базы данных обеспечивают эффективность на уровне эксперта.

Растут усилия по созданию общедоступных хранилищ медицинских рентгенограмм. В таблице 1 представлена сводка общедоступных баз данных медицинских рентгенографических изображений. Предыдущие базы данных были меньшего масштаба, чем MURA, за исключением недавно запущенной ChestX-ray14 [15], которая включает в себя 112120 фронтальных рентгенограмм грудной клетки, содержащих до 14 заключений о патологиях. Однако эти заключения не были получены напрямую от радиологов, а были автоматически сгенерированы из текстовых отчетов радиологов.

Обзор общедоступных баз данных медицинских рентгенографических изображений

Table 1.

Overview of the publicly available radiographic imaging databases

База данных Data base	Типы исследований Types of research	Заключение Conclusion	Изображения, шт. Images, pcs.
MURA	Скелетно-мышечные (верхние конечности) Musculoskeletal (upper extremities)	Аномалия Anomaly	41299
Pediatric Bone Age (AIMI)	Скелетно-мышечные(кисть) Musculoskeletal (hand)	Костный возраст Bone age	14236
O.E.1 (OAI)	Скелетно-мышечные (колени) Musculoskeletal (knee)	Классификация по K&L Classification by K&L	8892
Digital Hand Atlas (Gertych, 2007)	Скелетно-мышечные (левая кисть) Musculoskeletal (left hand)	Костный возраст Bone age	1390
Chest X-ray14 (Wang, 2017)	Грудная клетка Chest	Множественные патологии Multiple pathologies	112120
Open1 (Demner-Fushman, 2015)	Грудная клетка Chest	Множественные патологии Multiple pathologies	7470
MC (Jaeger, 2014)	Грудная клетка Chest	Аномалия Anomaly	138
Shenzhen (Jaeger, 2014)	Грудная клетка Chest	Туберкулез Tuberculosis	662
JSRT (Shiraishi, 2000)	Грудная клетка Chest	Легочные узелки Pulmonary nodules	247
DDSM (Heath, 2000)	Маммограмма Mammogram	Рак молочной железы Mammary cancer	10239

Перспективным, на наш взгляд, является применение ИНС в пищевой промышленности. Сегодня перерабатывающие предприятия стремятся максимально повысить качество выпускаемой продукции, при этом огромное значение приобретает входной контроль качества сырья. В мировой практике применяют разные методы дистанционного контроля сырья, в том числе при поточной переработке в режиме реального времени. Цели контроля могут быть разные, и в соответствии с ними используют аппаратуру, работающую на различных физических принципах получения и обработки поступающей информации [16].

Так, например, в мясной промышленности мясные туши классифицируют по содержанию мышечной ткани по стандарту EUROP, для этого в основном используют приборы на основе ультразвукового сканирования.

В Швеции применяется система Telematib (компания StamosAB), в соответствии с которой классификация туш основана на оценке выхода мяса по косвенным показателям упитанности: развитию мускулатуры и толщине жировых отложений.

В Австрии разработан аппарат с автоматическим регулируемым зондирующим щупом, модель ElectronicPG 200 (товарная марка «PorkGrader») компании «Giralda-Opto-ElektronikGmbH» и «Co EntwicksKG». Щуп

вводят в полутушу на глубину 10 см между вторым и третьим ребрами, при выводе из мяса расположенный в приборе процессор по оценке коэффициентов отражения света от внутреннего слоя полутуши рассчитывает линейные размеры шпика и мышечной ткани, определяет процентную долю мяса и соотносит ее с торговой классификацией. Аппарат оснащен устройством для ввода сопутствующих данных.

В Дании создана автоматическая система классификации туш свиней по проценту выхода мышечной ткани The Best & Donovan Acra-Grade System [17], которая содержит измерительный пистолет, клавиатуру, дешифратор, компьютер, печатающее устройство и дисплей. Принцип измерения основан на различной проводимости мышечной и жировой тканей. В измерениях учитывается разница в сопротивлении мяса и воздуха. А компания SFK Technology A/S предложила систему классификации туш свиней ультразвуковым способом Auto-FOMIII, после снятия волос со щетины туши направляют по желобу вниз, при этом она проходит 16 датчиков, которые сканируют ее, формируя трехмерное изображение распределения жира и мышечной ткани [18].

В Новой Зеландии разработан индикатор для измерения жирового слоя (компания Hennessy and ChongFat) – прибор FDI (FatDepth

Indicator) прокалывающего типа, который определяет толщину шпика на основании измерения отражения света зондом длиной 50 мм [19]. Система выполняет следующие функции:

- поставляет данные по классу качества убойных животных в зависимости от содержания мяса (это сортировка служит документом при расчете с производителями свинины);
- при помощи устройства ввода и вывода данных осуществляется сбор информации;
- делает рисунки полутуш с обозначением класса качества, номера туш и результаты ветеринарного осмотра;
- собирает данные результатов их классификации для статистической обработки и долгосрочного хранения при проведении научных исследований.

В Великобритании электронная система установки определяет длительность прохождения ультразвукового импульса через туловище животного, записывает расстояние между передающим и принимающим устройствами и рассчитывает скорость прохождения ультразвука. С помощью этой установки определяют общее количество жировой ткани, подкожного межмышечного и внутримышечного жира.

В Германии применяют прибор «CSB-Ultra-Meat», Технология его работы состоит из высоко производительного программного обеспечения, которое вводит изображение объекта, идентифицирует его и выдает результаты измерений в визуальном виде. Классификация сырья производится путем анализа фотоизображения свиной полутуши в поясничной области (рисунок 3).

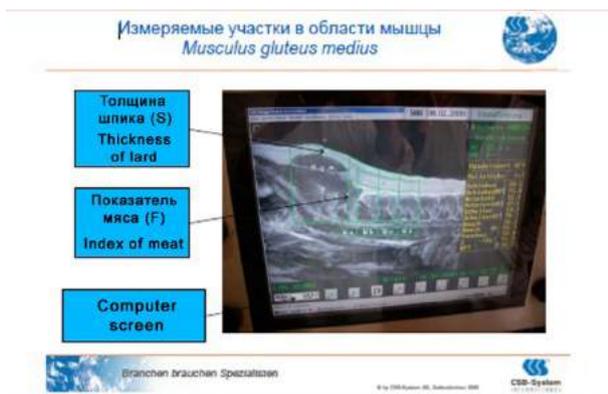


Рисунок 3. Интерфейс CSB-Ultra-Meat

Figure 3. Interface of CSB-Ultra-Meat

В России ВНИИМПом совместно с учеными Датского НИИ мясной промышленности на базе АО «Смолмясо» были проведены работы по монтажу, пуску и наладке системы оценки туш на линии первичной переработки скота и осуществлена разделка по датскому и кульмбахскому методам.

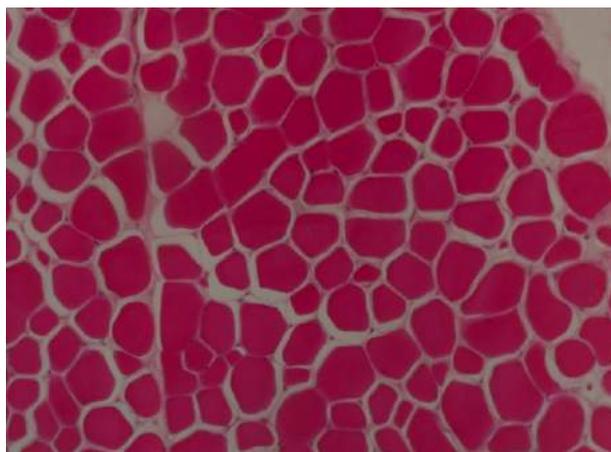
Однако приведенные приборы и системы анализа осуществляют контроль сырья, преимущественно, по соотношению тканей мяса (мышечной, соединительной, жировой) в туше или полутуше, не затрагивая структуру самих тканей, а соответственно и их качество на клеточном уровне.

В Указе Президента РФ от 01.12.2016 № 642 «О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации» отмечается, что «в ближайшие 10–15 лет приоритетами научно-технического развития Российской Федерации следует считать переход к передовым интеллектуальным производственным технологиям, эффективную переработку сельскохозяйственной продукции, создание безопасных и качественных, в том числе функциональных, продуктов питания».

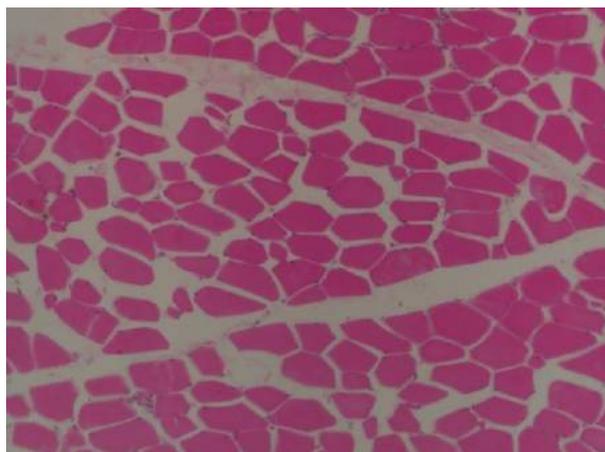
Таким образом, разработка экспертной системы контроля качества мясного сырья на микроструктурном уровне с использованием современных интеллектуальных технологий, а именно искусственных нейронных сетей и компьютерного зрения является актуальным и социально-значимым направлением развития мясной промышленности.

В соответствии с этим цель нашей работы заключается в разработке системы на основе искусственной нейронной сети и ее обучении для оценки микроструктурных показателей качества мясного сырья.

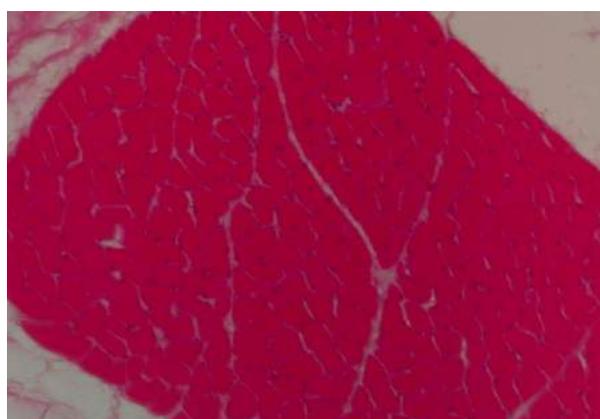
Помимо мясного сырья с «нормальными» качественными характеристиками (NOR), на производство может поступать сырье DFD (Dark, Firm, Dry – темное, твердое, сухое), PSE (Pale, Soft, Exsudative – бледное, мягкое, водянистое). Главным общепринятым признаком мясного сырья с отклонениями качества является изменение pH через час после убоя (pH1), и pH мяса по прошествии 24 часов (pH24). Однако такое сырье различается и по структуре мышечной ткани [20]. В парном мясе DFD, например, мышечные волокна по сравнению с мясом NOR набухшие, плотно прилегают друг к другу и характеризуются стертой поперечной и продольной исчерченностью, нарушены тинкториальные свойства ткани, клеточные органеллы часто демонстрируют признаки деструкции [21]. Максимальный диаметр мышечных волокон и минимальная порозность мышечной ткани наблюдается в мясе DFD, минимальный диаметр мышечных волокон с наиболее рыхлой упаковкой в ткани характерен для мяса качественной группы PSE, в то время как мясо качественной группы NOR находится по указанным параметрам в промежуточном положении [22, 23] (рисунок 4а–с).



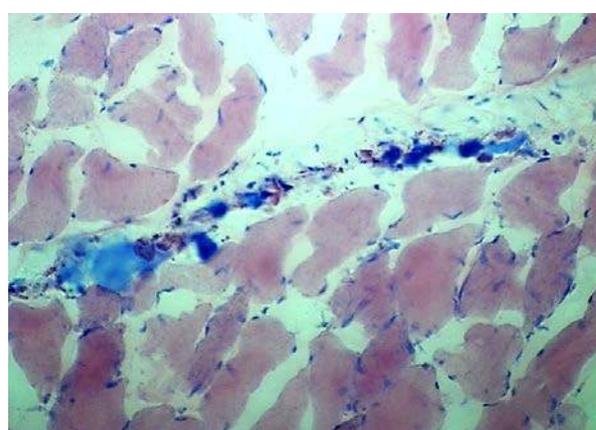
(a) Мясо NOR (об. x20) | NOR meat (ob. x20)



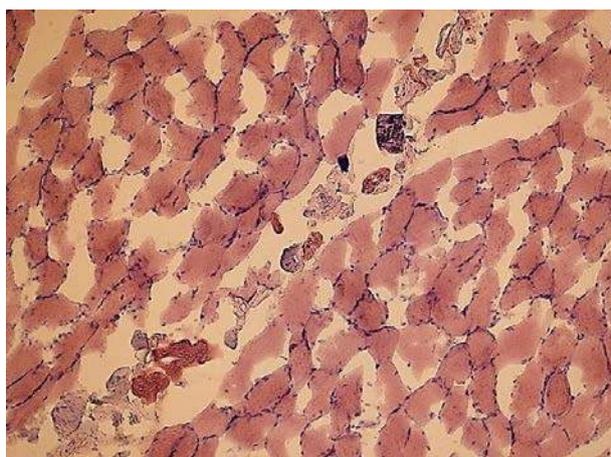
(b) Мясо PSE (об. x20) | PSE meat (ob. x20)



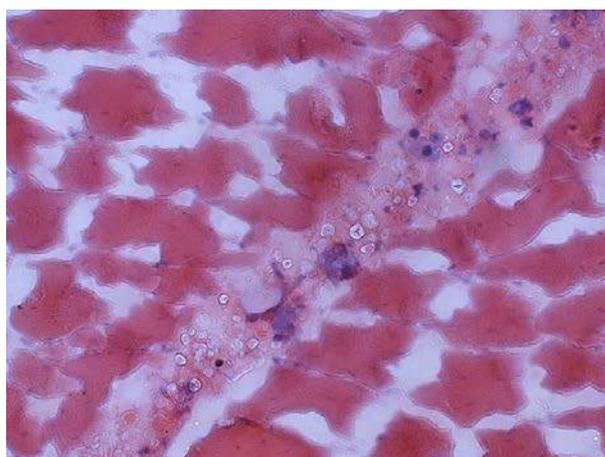
(c) Мясо DFD (об. x20) | DFD meat (ob. x20)



(d) Мясо, инъецированное каррагинаном и соевым концентратом | Injected meat with carrageenan and soy concentrate (ob. x20)



(e) Мясо, инъецированное «животным белком» и соевым изолятом | Injected meat with "animal protein" and soy isolate (ob. x10)



(f) Грудка индейки, инъецированная каррагинаном и крахмалом | Injected turkey breast with carrageenan and starch (ob. x20)

Рисунок 4. Микроструктура мясного сырья

Figure 4. Microstructure of meat raw materials

По структуре мышечной ткани, степени ее порозности, целостности мышечных волокон можно судить и о термическом состоянии сырья: охлажденное, замороженное, а также о соблюдении режимов температурной обработки. Наличие в структуре мяса посторонних компонентов (крахмал, каррагинан, соевые белки), говорит об инъектировании сырья (рисунок 4d–f).

Заклучение

Приведенные микроструктурные показатели (диаметр мышечных волокон, сохранность клеточных элементов, порозность ткани, наличие немясных компонентов) могут быть положены в основу обучающейся выборки ИНС. Таким образом, по структуре ткани на клеточном уровне система будет делать вывод о качестве мясного сырья.

ЛИТЕРАТУРА

1 Мак-Каллок У.С., Питтс В. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности //Автоматы. 1956. С. 363–384.

2 Le Cun Y., Ranzato M. DeepLearning. Tutorial ICML, Atlanta, 2013. URL: <http://www.cs.nyu.edu/~yann/talks/lecun-ranzato-icml2013.pdf>

3 Bone X-Ray Deep Learning Competition. URL: <https://stanfordmlgroup.github.io/competitions/mura>.

4 Poplin R., Varadarajan A.V., Blumer K., Liu Y. et al. Prediction of cardiovascular risk factors from retinal fundus photographs via deep learning // Nature Biomedical Engineering volume. 2018. № 2. P. 158–164. DOI: 10.1038/s41551-018-0195-0.

5 Chinese farmers are using AItohelprear the world's biggest pig population. URL: <https://www.theverge.com>.

6 Deng J., Dong W., Socher R., Li L. – J. et al. A large-scale hierarchical image database // Computer Vision and Pattern Recognition. CVPR 2009. IEEEConferenceon. 2009. P. 248–255.

7 Hannun A., Case C., Casper J., Catanzaro B. et al. Deepspeech: Scalingupend-to-endspeechrecognition. arXivpreprintarXiv. 2014.

8 Rajpurkar P., Zhang J., Lopyrev K., Liang P. Squad:100,000+ questions for machine comprehension of text. arXiv preprint arXiv. 2016.

9 Gulshan V., Peng L., Coram M., Stumpe M.C. et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs // Jama. 2016. № 316(22). P. 2402–2410.

10 Esteva A., Kuprel B., Novoa R.A., Ko J. et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks // Nature. 2017. № 542(7639). P. 115–118.

11 Rajpurkar P., Hannun A.Y., Haghpanahi M., Boum C. et al. Cardiologist-level arrhythmia detection with convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv. 2017.

12 Grewal M., Srivastava M.M., Kumar P., Varadarajan S. Radnet: Radiologist level accuracy using deep learning for hemorrhage detection in ct scans. arXiv preprint arXiv. 2017.

13 Rajpurkar P., Irvin J., Zhu K., Yang B. et al. Chexnet: Radiologist-level pneumonia detection on chest x-rays with deep learning. arXiv preprint arXiv. 2017.

Для обучения ИНС первоначально необходимо создать базу гистологических образцов мясного сырья, провести ее анализ и классификацию. По мере наполнения базы данных будут протестированы различные модели нейронных сетей и выбраны наиболее эффективные и предрасположенные к решению данной задачи. В дальнейшем наряду с визуальным изображением гистологических образцов будут вводиться новые признаки, положительно влияющие на качество анализа испытуемых образцов.

Разработка ИНС позволит существенно ускорить процесс анализа гистологических препаратов в исследовательских лабораториях мясоперерабатывающих предприятий и испытательных центрах, а также повысить объективность получаемых результатов.

14 Gale W., Oakden-Rayner L., Cameiro G., Bradley A.P. et al. Detecting hip fractures with radiologist-level performance using deep neuralnetworks/ arXiv e-prints. 2017.

15 Wang X., Peng Y., Lu L., Lu Z. et al. Chestx-ray8: Hospital-scale chest x-ray database and benchmarks on weakly-supervised classification and localization of common thorax diseases. arXiv preprint arXiv. 2017.

16 Пляшечник П.И., Глебочев С.Н., Шихов С.С. Сырье под контролем // Мясная индустрия. 2015. № 1. С. 37–39.

17 The Best & Donovan Acra-Grade System. Operation and Maintenance Manual. Revision 4. URL: <http://www.bestand-donovan.com/acragrademanual.html#overview>.

18 AutoFom III. Fully Automatic Ultrasonic Carcass Grading. Available at: <http://www.carometec.com/products/item/autoform-III>.

19 Kutsky J.A., Savell J.W., Johnson D.D., Smith G.C. et al. Predicting cutability of pork carcasses and hams using the Hennessy and Chong Fat Depth Indicator // Meat science. 1984. № 11. P. 13–26.

20 Listrat A., Lebret B., Louveau I. et al. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality // The Scientific World Journal. 2016. P. 3182746. DOI: 10.1155/2016/3182746

21 Enikel D. Structure of muscle and meat quality // Fleischwirtschaft. 1987. № 4. P. 461–465.

22 Bendall I.R., Swatland H.J. A review of the relationships of pH with physical aspects of quality // Meat Science. 1988. № 2(24). P. 85–126.

23 Hvilica S.I. Comparative electronic histochemical analysis of meat with DFD and PSE defects // Technologija mesa. 1999. № 1(40). P. 13–16.

REFERENCES

1 Mak-Kallok U.S., Pitts V. A logical calculus of the ideas related to neural activity. *Avtomaty* [Automats] 1956. pp. 363–384. (in Russian)

2 Le Cun Y., Ranzato M. Deep Learning. Tutorial ICML, Atlanta. Available at: <http://www.cs.nyu.edu/~yann/talks/lecun-ranzato-icml2013.pdf>.

3 Bone X-Ray Deep Learning Competition. Available at: <https://stanfordmlgroup.github.io/competitions/mura>.

4 Poplin R., Varadarajan A.V., Blumer K., Liu Y. et al. Prediction of cardiovascular risk factors from retinal fundus photographs via deep learning. *Nature Biomedical Engineering* volume. 2018. no. 2. pp. 158–164. DOI: 10.1038/s41551-018-0195-0.

5 Chinese farmers are using AI to help rear the world's biggest pig population. Available at: <https://www.theverge.com>.

6 Deng J., Dong W., Socher R., Li L. – J. et al. Imagenet: A large-scale hierarchical image database. Computer Vision and Pattern Recognition. 2009. CVPR. IEEE Conference on. 2009. pp. 248–255.

7 Hannun A., Case C., Casper J., Catanzaro B. et al. Deep speech: Scaling up end-to-end speech recognition. arXiv preprint arXiv:1412.5567, 2014.

8 Rajpurkar P., Zhang J., Lopyrev K., Liang P. Squad:100,000+ questions for machine comprehension of text. arXiv preprint arXiv:1606.05250, 2016.

9 Gulshan V., Peng L., Coram M., Stumpe M.C. et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs // Jama. 2016. no. 316(22). pp. 2402–2410.

10 Esteva A., Kuprel B., Novoa R.A., Ko J. et al. Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks // Nature. 2017. no. 542(7639). pp. 115–118.

11 Rajpurkar P., Hannun A.Y., Haghpanahi M., Bourn C. et al. Cardiologist-level arrhythmia detection with convolutional neural networks. arXiv preprint arXiv:1707.01836, 2017.

12 Grewal M., Srivastava M.M., Kumar P., Varadarajan S. Radnet: Radiologist level accuracy using deep learning for hemorrhage detection in ct scans. arXiv preprint arXiv:1710.04934, 2017.

13 Rajpurkar P., Irvin J., Zhu K., Yang B. et al. Chexnet: Radiologist-level pneumonia detection on chest x-rays with deep learning. arXiv preprint arXiv:1711.05225, 2017.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Марина А. Никитина к.т.н., доцент, ведущий научный сотрудник, Руководитель направления Информационные технологии Центра Экономико-аналитических исследований и информационных технологий, ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Талалихина, 26, г. Москва, 109316, Россия, m.nikitina@fnfps.ru

Виктория А. Пчелкина к.т.н., ведущий научный сотрудник, Экспериментальная клиника-лаборатория биологически активных веществ животного происхождения, ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Талалихина, 26, г. Москва, 109316, Россия, v.pchelkina@fnfps.ru

Оксана А. Кузнецова д.т.н., врио директора, ФНЦ пищевых систем им. В.М. Горбатова РАН, ул. Талалихина, 26, г. Москва, 109316, Россия, o.kuznecova@fnfps.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Марина А. Никитина обзор литературных источников по исследуемой проблеме, написала рукопись

Виктория А. Пчелкина корректировала рукопись до подачи в редакцию

Оксана А. Кузнецова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 16.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 30.05.2018

14 Gale W., Oakden-Rayner L., Carneiro G., Bradley A.P. et al. Detecting hip fractures with radiologist-level performance using deep neural networks/ arXiv e-prints, 2017.

15 Wang X., Peng Y., Lu L., Lu Z. et al. Chestx-ray8: Hospital-scale chest x-ray database and benchmarks on weakly-supervised classification and localization of common thorax diseases. arXiv preprint arXiv:1705.02315, 2017.

16 Plysheshnik P.I., Glebochev S.N., Shihov S.S. Raw materials under full control. *Myasnaya industriya* [Meat Industry]. 2015, no. 1, pp. 37–39. (in Russian).

17 The Best & Donovan Acra-Grade System. Operation and Maintenance Manual. Revision 4. Available at: <http://www.bestanddonovan.com/acragrademanual.html#overview>.

18 AutoFom III. Fully Automatic Ultrasonic Carcass Grading. Available at: <http://www.carometec.com/products/item/autoform-III>.

19 Kutsky J.A., Savell J.W., Johnson D.D., Smith G.C. et al. Predicting cutability of pork carcasses and hams using the Hennessy and Chong Fat Depth Indicator // Meat science. 1984. no. 11. pp. 13–26.

20 Listrat A., Lebret B., Louveau I. et al. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality // The Scientific World Journal. 2016. pp. 3182746. DOI: 10.1155/2016/3182746

21 Enikel D. Structure of muscle and meat quality // Fleischwirtschaft. 1987. no. 4. pp. 461–465.

22 Bendall I.R., Swatland H.J. A review of the relationships of pH with physical aspects of quality // Meat Science. 1988. no. 2(24). pp. 85–126.

23 Hvilia S.I. Comparative electronic histochemical analysis of meat with DFD and PSE defects // Technologija mesa. 1999. no. 1(40). pp. 13–16.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Marina A. Nikitina Cand. Sci. (Engin.), associate professor, leading scientific worker, the Head of the Direction of Information Technologies of the Center of Economic and Analytical Research and Information Technologies, V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Talalikhina Str., 26, Moscow, 109316, Russia, m.nikitina@fnfps.ru

Viktoriya A. Pchelkina Cand. Sci. (Engin.), leading scientific worker, Experimental clinic-laboratory of biological active substances of an animal origin, V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Talalikhina Str., 26, Moscow, 109316, Russia, v.pchelkina@fnfps.ru

Oksana A. Kuznetsova Dr. Sci. (Engin.), director, V.M. Gorbato Federal Research Center for Food Systems of Russian Academy of Sciences, Talalikhina Str., 26, Moscow, 109316, Russia, o.kuznecova@fnfps.ru

CONTRIBUTION

Marina A. Nikitina review of the literature on an investigated problem, wrote the manuscript

Viktoriya A. Pchelkina correct manuscript before filing in editing

Oksana A. Kuznetsova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.16.2018

ACCEPTED 5.30.2018

Химическая технология

Оригинальная статья/Original article

УДК 662.7

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-264-269>

Разработка высокотехнологичного производства высокооктановых компонентов моторного топлива из возобновляемого растительного сырья

Гульнара Ш. Мусина	¹	musinag1981@gmail.com
Татьяна С. Линькова	¹	tatiana-linkova@yandex.ru
Оксана В. Хабибрахманова	²	oksanazarova-77@mail.ru

¹ Нижнекамский химико-технологический институт, пр-т Строителей, 47, г. Нижнекамск, 423570, Россия

² Филиал Самарского государственного технического университета, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия

Реферат. В работе изучается разработка новых кислородсодержащих высокооктановых топливных композиций. Представлен краткий обзор сравнений основных показателей. Показана необходимость развития производства октаноповышающих присадок. Решением вопросов получения высокооктановых бензинов с использованием компонентов топлив, альтернативных нефтяным, может стать использование спиртов в качестве добавок к традиционному бензину, и в первую очередь этилового спирта, производимого из возобновляемых источников сырья. Поставленную цель можно осуществить с помощью моделирования технологических процессов. Пользуясь программным пакетом «UnisimDesign» произведено моделирование процесса получения изоамилового спирта. В основу универсальной системы моделирования «UnisimDesign» заложены общие принципы расчетов материально-тепловых балансов технологических схем. По рассчитанной схеме 1 выделяется один целевой продукт – изоамиловый спирт. Однако содержащийся в сивушных маслах бутанол также имеет широкое применение. Бутанол применяется как растворитель для красок, он входит в состав тормозных жидкостей, промышленных моющих средств, но при выделении бутанола возникает проблема, связанная с тем, что сивушные масла содержат воду и образуют азеотропные смеси. Для решения данной проблемы авторами предложено ввести в исходное сырье гексан в соотношении сырье : гексан 1:1. Это позволит выделить бутанол помимо изоамилового спирта. Моделирование процесса разделения сивушных масел показало возможность выделения двух востребованных целевых продуктов. В работе приведена технологическая схема установки разделения сивушных масел. Рассчитаны конструктивные характеристики колонного оборудования, составлены материальные и тепловые балансы установки.

Ключевые слова: присадка, сивушные масла, октаноповышающие присадки, изоамиловый спирт, бутанол

Development of high-tech production of high-octane components of motor fuel from renewable vegetable raw materials

Gulnara Sh. Musina	¹	musinag1981@gmail.com
Tat'yana S. Linkova	¹	tatiana-linkova@yandex.ru
Oksana V. Khabibrakhmanova	²	oksanazarova-77@mail.ru

¹ Nizhnekamsk Institute for Chemical Technology, Stroiteley Av., 47, Nizhnekamsk, 423570, Russia

² Branch of Samara Technological University, Mironova, Av.,5, Novokuybyshevsk, 446200, Russia

Summary. In work are studied development of new oxygen-containing high-octane fuel compositions. The short review of comparisons of the main indicators is presented. In this article is shown need of development of production of octane additives. Receiving high-octane gasolines with use of components of the fuels alternative oil, the solution of these questions can become use of alcohols as additives to traditional gasoline, and first of all the ethyl alcohol produced from renewable sources of raw materials. The goal can be carried out by means of modeling of technological processes. Using a software package of "UnisimDesign" we will make modeling of process of receiving isoamyl alcohol. In a basis of universal system of modeling of "UnisimDesign" the general principles of calculations of material and thermal balances of technological schemes are underlain. On the calculated scheme 1 isoamyl alcohol which is used in the form of additive to motor fuels is emitted one target product. However contained in fusel oils butanol also has broad application. Butanol is applied as solvent to paints, he is a part of brake fluids, industrial detergents. But at allocation of a butanol we face a problem, fusel oils contain water and form azeotrope mixes. For the solution of this problem we suggest to enter into initial raw materials hexane, in the ratio 1:1. It will allow us to allocate besides isoamyl alcohol and butanol. Modeling of process of division of fusel oils I have shown a possibility of allocation of two demanded target products. The technological scheme of installation of division of fusel oils is provided in work. Constructive characteristics of the columned equipment are calculated, material and thermal balances of installation are.

Keywords: additive, fusel oils, octane additives, isoamyl alcohol, butanol

Введение

Во многих странах мира нефтеперерабатывающая промышленность стоит перед решением поставленных задач, связанных с введением более жестких требований на моторные топлива

и с изменением спроса на топливо [1]. Особенно быстро в разных странах меняются спецификации на дизельное топливо и бензин, вынуждая нефтепереработчиков финансировать средства в строительство новых или в модернизацию действующих установок.

Для цитирования

Мусина Г.Ш., Линькова Т.С., Хабибрахманова О.В. Разработка высокотехнологичного производства высокооктановых компонентов моторного топлива из возобновляемого растительного сырья // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 264–269. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-264-269

For citation

Musina G.Sh., Lin'kova T.S., Habibrakhmanova O.V. Development of high-tech production of high-octane components of motor fuel from renewable vegetable raw materials. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 264–269. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-264-269

Современные направления в топливной промышленности, такие как ужесточение экологических требований к топливу, рост объемов потребления высокооктановых бензинов, повышение себестоимости добычи нефти, ухудшение качества добываемой нефти и, как следствие, повышение затрат ее переработки, приводят к необходимости переоценки традиционных подходов к производству моторных топлив [2]. В первую очередь это касается получения высокооктановых бензинов с использованием компонентов топлив, альтернативных нефтяным [3]. Решением этих задач может стать применение спиртов в качестве добавок к традиционному моторному топливу, и в первую очередь этилового спирта, получаемого из возобновляемых источников сырья [4].

Перспективой этого направления является не только сохранения нефтяных ресурсов, но и повышения качества бензинов. В свою очередь главным достоинством спиртосодержащих топлив является высокие антидетонационные свойства и улучшение экологических показателей [5].

Из всевозможных групп соединений, подвергавшихся изучению и проверке, более действенными промоторами самовоспламенения оказались оксигенаты. Качество этих присадок может быть оценено следующими показателями [6]:

- а) степенью повышения октанового числа топлива при добавлении присадки;
- б) устойчивостью, т. е. возможностью топлива с присадкой сохранять повышенное октановое число при длительном хранении топлива;
- в) состоянием двигателя после длительной его работы на топливе, содержащем присадки.

Наиболее широкое распространение в мире получили несколько видов оксигенатов, добавляемых в автомобильное топливо. Это такие как метил-трет-бутиловый эфир (МТБЭ), этил-трет-бутиловый эфир (ЭТБЭ), изопропиловый спирт, метанол и этанол [4].

При применении указанных выше оксигенатов уменьшение количества выбросов происходит по двум причинам. Во-первых, участие добавки в процессе горения приводит к лучшему соотношению топлива с кислородом воздуха и, как следствие, к более полному сгоранию углеводородного горючего [7]. Во-вторых, оксигенаты обладают высокими октановыми числами смешения и поэтому являются хорошей заменой токсичных ароматических соединений и ТЭС.

Использование спиртов и эфиров в составе автомобильных бензинов, кроме технических задач, связанных с получением композиций, имеющих соответствующие октановые числа, позволяет существенно улучшить и экологические характеристики данных этих моторных топлив за счет сокращения содержания бензола и ароматических углеводородов в составе

смесевых композиций (эффект «разбавления») [8]. Это приводит к снижению содержания токсичных веществ в продуктах сгорания смесевых композиций, а также за счет введения в бензиновую композицию связанного кислорода.

Основной недостаток бензино-спиртовых топлив – фазовая нестабильность при содержании в них небольших количеств воды. Концентрационные пределы расслаивания бензино-этанольных смесей находятся в зависимости от состава бензина. С увеличением концентрации ароматических соединений в бензине температура помутнения понижается (область гомогенных составов увеличивается).

Количество воды в системе является значительно более важным фактором расслаивания бензино-этанольных смесей, чем содержание спирта и ароматических углеводородов в бензине. Хорошим и при этом дешевым стабилизатором являются сивушные масла, обеспечивающие гомогенность топлива при температуре до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ [9].

Цель работы – повышение эффективности и разработка технологических основ процесса получения высокооктановых компонентов моторного топлива из возобновляемого растительного сырья.

Результаты и обсуждение

Поставленную цель возможно реализовать с помощью моделирования технологических процессов [10]. Пользуясь программным пакетом «UnisimDesign» произведем моделирование процесса получения изоамилового спирта [11]. В основу универсальной системы моделирования «UnisimDesign» заложены общие принципы расчетов материально-тепловых балансов технологических схем [12].

Объектом моделирования является установка разделения сивушных масел в частности выделение изоамилового спирта (рисунок 1). Состав сивушных масел приведен в таблице 1.

Характеристика колонны К-1 представлена в таблице 2. Материальный баланс и составы потоков колонны К-1 сведены в таблицы 3, 4.

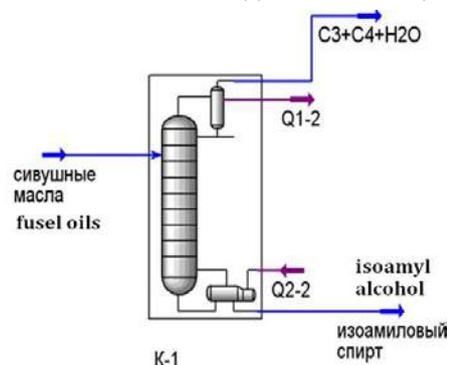


Рисунок 1. Схема материальных потоков колонны выделения изоамилового спирта

Figure 1. Scheme of material streams of a column of release of isoamyl alcohol

Таблица 1.

Состав сивушных масел

Table 1.

Composition of fusel oils

Компонент Components	% масс: % masses:
Вода Water	32,56
Пропанол-2 2 – Propanol	25,08
2-Метилпропанол-1 i-Butanol	15,13
Бутанол-1 1-Butanol	0,11
Пентанол-2 2-Pentanol	27,12

Таблица 2.

Характеристика колонны К-1

Table 2.

Characteristic of a column of K-1

Аппарат Device	К-1
Тип колонны Column type	Тарельчатая Plate
Контактные устройства Contact devices	Клапанные Clapronic
Количество тарелок Number of plates	14
Поточность Threading	Однопоточные One-line
Диаметр колонны, м Diameter of a column, m	0,6
Высота секции, м Height of section, m	24,38

Таблица 3.

Результаты расчета

Table 3.

Results of calculation

Аппарат Device	К-1
Давление, кгс/см ² (изб): Pressure, kgf/cm ² (loghuts):	
верха колонны column top	0,9807
куба колонны column cube	1,500
Температура, °С: Temperature, °C:	
верха колонны column top	85,02
куба колонны column cube	101,7
Флегмовое число Flegmovy number	5
Нагрузка на конденсатор, кВт Load of the condenser, kW	212,0
Нагрузка на кипятыльник, кВт Load of the boiler, kW	321,7

Таблица 4.

Материальный баланс колонны К-1

Table 4.

Material balance of a column of K-1

Состав, % масс: Structure, %mass:	Питание (сивушное масло) Column feed (fusel oil)	Дистиллят (C3 +C4+ H2O) Distillate (C3 + C4 + H2O)	Куб (C5) Cube(C5)
Вода Water	32,56	32,56	0,00
Пропанол-2 2 – Propanol	25,08	42,48	0,00
2-Метилпропанол-1 i-Butanol	15,13	24,69	3,87
Бутанол-1 1-Butanol	0,11	0,27	0,24
Пентанол-2 2-Pentanol	27,12	0,00	95,89
Расход, кг/ч Consumption, kg / h	300,0	170,0	130,0

По рассчитанной схеме выделяется один целевой продукт изоамиловый спирт. Однако содержащийся в сивушных маслах бутанол также имеет широкое применение. Бутанол применяется как растворитель для красок, он входит в состав тормозных жидкостей, промышленных моющих средств. Но при выделении бутанола сталкиваемся с проблемой, сивушные масла содержат воду и образуют азеотропные смеси. Для решения данной проблемы предлагаем ввести в исходное сырье гексан, в соотношении сырье: гексан 1:1. Это позволит нам выделить помимо изоамилового спирта и бутанол.

Схема материальных потоков установки выделения двух целевых продуктов представлена на рисунке 2.

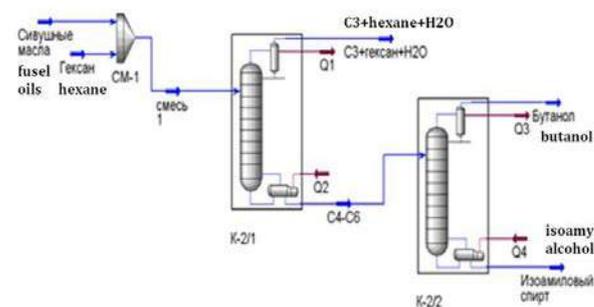


Рисунок 2. Схема материальных потоков колонн выделения изоамилового спирта и бутанола

Figure 2. Scheme of material streams of columns of release of isoamyl alcohol and butanol

Характеристика колонн К-2/1 и К-2/2 представлены в таблице 5. Материальный баланс и составы потоков колонн К-2/1 и К-2/2 сведены в таблицы 6–8.

Характеристика колонн К 2/1 и К 2/2

Таблица 5.

Characteristic of columns of K-2/1 and K-2/2

Table 5.

Аппарат / Device	К-2/1	К-2/2
Тип колонны / Column type	Тарельчатая / Plate	Тарельчатая / Plate
Контактные устройства / Contact devices	Клапанные / Clapronic	Клапанные / Clapronic
Количество тарелок / Number of plates	20	15
Поточность / Threading	Однопоточные / One-line	Однопоточные / One-line
Диаметр колонны, м / Diameter of a column, m	0,8	0,6
Высота секции, м / Height of section, m	24,38	12,19

Таблица 6.

Результаты расчета

Table 6.

Results of calculation

Аппарат / Device	К-2/1	К-2/2
Давление, кгс/см ² (изб): / Pressure, kgf/cm ² (loghuts):		
верха колонны column top	0,9807	0,9807
куба колонны column cube	1,500	1,471
Температура, °C: Temperature, °C:		
верха колонны column top	85,02	89,97
куба колонны column cube	101,7	129,5
Флегмовое число / Flegmovy number	5	12
Нагрузка на конденсатор, кВт / Load of the condenser, kW	212,0	299,1
Нагрузка на кипятыльник, кВт / Load of the boiler, kW	321,7	322,1

Таблица 7.

Материальный баланс колонн К-2/1

Table 7.

Material balance of columns of K-2/1

Состав, % масс: Structure, %mass:	Питание (сивушное масло) Column feed (fusel oil)	Дистиллят (C3 + гексан + H2O) Distillate (C3 + hexane + H2O)	Куб(C4+C5) Cube(C4+C5)
Вода / Water	16,28	26,39	0,00
Пропанол-2 / 2 – Propanol	12,54	0,78	31,48
2-Метилпропанол-1 i-Butanol	7,57	0,00	19,75
Бутанол-1 / 1-Butanol	0,05	0,00	0,14
Пентанол-2 / 2-Pentanol	13,56	0,00	35,39
Гексан / n-Hexane	50,00	72,83	13,24
Расход, кг/ч / Consumption, kg / h	600,0	370,0	230,0

Материальный баланс колонн К 2/2

Table 8.

Material balance of columns of K-2/2

Состав, % масс: Structure, %mass:	Питание(C4-C5) Columnfeed (C4-C5)	Дистиллят(бутанол) Distillate (butanol)	Куб(изоамиловый спирт) Cube (isoamyl alcohol)
Вода / Water	0,00	0,00	0,00
Пропанол-2 / 2 – Propanol	31,48	49,91	0,00
2-Метилпропанол-1 / i-Butanol	19,75	28,60	4,62
Бутанол-1 / 1-Butanol	0,14	0,01	0,38
Пентанол-2 / 2-Pentanol	35,39	0,48	95,00
Гексан / n-Hexane	13,24	20,99	0,00
Расход, кг/ч / Consumption, kg / h	230,0	145,1	84,90

Заключение

Моделирование процесса разделения сивушных масел показало возможность выделения двух востребованных целевых продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Меньшикова Т.С. Актуальность проблемы разработки цетаноповышающих присадок к дизельному топливу // Вестник Казанского технологического университета. 2011. Т. 14. № 2. С. 110–112
- 2 Соколов В.В., Извеков Д.В. Нефтепереработка и нефтехимия. 2007. № 3. С. 23.
- 3 Баннов П.Г. Процессы переработки нефти, 2003
- 4 Капустин В.М. Оксигенаты в автомобильных бензинах. М.: КолосС, 2011. 335 с.
- 5 Потапов Н.Н., Лимонник Е.М., Степанов Н.Б., Василькевич А.И. и др. Энергетика: экономика, технология, экология. 2011. № 2. С. 109.
- 6 Капустин В.М. Нефтеперерабатывающая промышленность США и бывшего СССР. М.: Химия, 1995. 304 с.
- 7 Данилов А.М. Присадки к топливам // Химия и технология топлив и масел. 2007. № 2. 50 с.
- 8 Данилов А.М. Присадки и добавки. Улучшение экологических характеристик нефтяных топлив. М., Химия, 1996, 232 с.
- 9 Капустин В.М., Гуреев А.А. Технология переработки нефти. Часть 2. Деструктивные процессы. М.: КолосС, 2007. – 334 с.
- 10 Майер Р.В. Компьютерное моделирование: URL: <http://econf.rae.ru/article/6722>
- 11 Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. М.: ИКЦ «Академкнига», 2006. 416 с.
- 12 Гартман Т.Н., Калинин В.Н., Артемьева Л.И. Компьютерное моделирование простых гидравлических систем. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2002. 40 с.
- 13 Саблина З.А., Гуреев А.А. Присадки к моторным топливам. М.: Химия, 1977. 258 с.
- 14 Глаголева О.Ф., Капустин В.М. Технология переработки нефти. Часть первая. М.: Химия, КолосС, 2007. 400 с.
- 15 Данилов А.М. Введение в химмотологию. М.: Техника, ООО "ТУМА ГРУПП", 2002. 464 с.

В работе приведена технологическая схема установки разделения сивушных масел. Рассчитаны конструктивные характеристики колонного оборудования, составлены материальные и тепловые балансы установки.

16 Виппер А. Б., Виленкин А. В., Гайснер Д. А. Зарубежные масла и присадки. М.: Химия, 2010. 192 с.

17 Бозбас, Кахраман. Биодизель как альтернативное моторное топливо: производство и политика в Европейском союзе // Возобновляемые и устойчивые энергетические обзоры. 2008. № 12.2. С. 542-552.

18 Бейли Brent К. Производительность этанола в качестве транспортного топлива // Справочник по биоэтанолю. Routledge, 2018. № 37. С. 60.

19 Харви Бенджамин Г., Уолтер У. Мерриман Л., Роксана Л. Возобновляемый бензин, растворители и топливные добавки из 2, 3-бутандиола // ChemSusChem. 2016. № 9, 14. С. 1814-1819.

20 Магарил Э. Повышение эффективности и экологической безопасности эксплуатации транспортных средств за счет улучшения качества топлива // Международный журнал устойчивого развития и планирования. 2015. № 10.6. С. 880-893.

21 Буй Х. Ч., Ахметов А. Ф., Нгуен Т. В., Ахметов Ф. А. Технология получения автомобильного бензина с улучшенными экологическими свойствами для планируемых НПЗ Вьетнама. Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет

REFERENCES

- 1 Menshikova T.S. Relevance of a problem of development of t cetane-raising diesel fuel additives. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kazan technological university] 2011, vol. 14., no. 2, pp. 110-112 (in Russian)
- 2 Sokolov V.V., Izvekov D.V. *Neftepererabotka i neftekhimiya* [Oil processing and petrochemistry] 2007. no. 3. pp. 23. (in Russian)
- 3 Bannov P.G. *Protsessy pererabotki nefti* [Processes of oil refining] 2003 (in Russian)
- 4 Kapustin V.M. *Oksigenaty v avtomobil'nykh benzinakh* [Oksigenata in automobile gasolines] Moscow, Colossus, 2011. 335 p. (in Russian)
- 5 Potapov N.N., Limonnik E.M., Stepanov N.B., Vasilkevich A.I. et al. *Energetika* [Energetic: housekeeper, technology, ecology] 2011. no. 2. pp. 109. (in Russian)

6 Kapustin V.M. Neftepererabatyvayushchaya promyshlennost' SShA i byvshego SSSR [Oil-processing industry of the USA and the former USSR] Moscow, Chemistry, 1995. 304 p. (in Russian)

7 Danilov A.M. Additives to fuels. *Khimiya i tekhnologiya topliv i masel* [Chemistry and technology of fuels and oils] 2007. no. 2. 50 p. (in Russian)

8 Danilov A.M. Prisdki i dobavki [Additives and additives. Improvement of ecological characteristics of oil fuels] Moscow, Chemistry, 1996, 232 p. (in Russian)

9 Kapustin V.M., Gureev A.A. Tekhnologiya pererabotki nefi [Technology of oil refining. Part 2. Destructive processes] Moscow, Colossus, 2007. 334 p. (in Russian)

10 Maier R.V. Komp'yuternoe modelirovanie [Computer modeling] Available at: <http://econf.rae.ru/article/6722> (in Russian)

11 Gartman T.N., Klushin D.V. Osnovy komp'yuternogo modelirovaniya [Bases of computer modeling of chemical and technological processes] Moscow, IKTs "Akademkniga", 2006. 416 p. (in Russian)

12 Gartman T.N., Kalinkin V.N., Artemyeva L.I. Komp'yuternoe modelirovanie [Computer modeling of simple hydraulic systems] Moscow, RHTU of D.I. Mendeleev, 2002. 40 p. (in Russian)

13 Sablina Z. I., Gureev A.A. Prisdki k toplivu [Additives to motor fuels] Moscow, Chemistry, 1977. 258 p. (in Russian)

14 Glagoleva O.F., Kapustin V.M., Tekhnologiya pererabotki nefi [Technology of oil refining. Part one] Moscow, Chemistry, Colossus, 2007. 400 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гульнара Ш. Мусина студент, кафедра химической технологии органических веществ, Нижнекамский химико-технологический институт, пр-т Строителей, 47, г. Нижнекамск, 423570, Россия, musinag1981@gmail.com

Татьяна С. Линькова доцент, кафедра химической технологии органических веществ, Нижнекамский химико-технологический институт, пр-т Строителей, 47, г. Нижнекамск, 423570, Россия, tatiana-linkova@yandex.ru

Оксана В. Хабибрахманова доцент, кафедра химической технологии, Филиал Самарского государственного технического университета, ул. Миронова, 5, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, oksanazarova-77@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Гульнара Ш. Мусина написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Татьяна С. Линькова консультация в ходе исследования

Оксана В. Хабибрахманова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.04.2018

15 Danilov A.M. Vvedenie v khimotologiyu [Introduction to a himmotologiya] Moscow, Equipment, LLC TUMA GROUP, 2002, 464 p. (in Russian)

16 Vipiper, A. B., Vilenkin A.V., Gaysner D.A. Zarubezhnye masla i prisadki [Foreign oils and additives] Moscow, Chemistry, 2010. 192 p. (in Russian)

17 Bozbas, Kahraman. Biodiesel as an alternative motor fuel: production and policies in the European Union. *Vozobnovlyayemye i ustoichivye energeticheskie obzory* [Renewable and Sustainable Energy Reviews] 2008, no. 12.2, pp. 542-552. (in Russian)

18 Bailey Brent K. Performance of ethanol as a transportation fuel. *Spravochnik po bioetanolu* [Handbook on Bioethanol. Routledge] 2018. no. 37. pp. 60. (in Russian)

19 Harvey Benjamin G., Walter W. Merriman, Roxanne L. Quintana. Renewable Gasoline, Solvents, and Fuel Additives from 2, 3 -Butanediol. *Chem.* 2016. no. 9.14. pp. 1814-1819.

20 Magaril E. Increasing the efficiency and environmental safety of vehicle operation through improvement of fuel quality. *Mezhdunarodnyi zhurnal ustoichivogo razitiya i planirovaniya* [International Journal of Sustainable Development and Planning] 2015. no. 10.6. pp. 880-893. (in Russian)

21 Bui Kh. Ch., Akhmetov A.F., Nguyen T.V., Akhmetov F.A. Tekhnologiya polucheniya avtomobil'nogo benzina [Technology of obtaining motor gasoline with improved environmental properties for planned refineries in Vietnam] Ufa, Ufa State Petroleum Technical University. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Gulnara Sh. Musina student, Department of chemical technology of organic substances, Nizhnekamsk chemical-technological Institute (branch), Stroiteley Av., 47 Nizhnekamsk, 394036, Russia, musinag1981@gmail.com

Tat'yana S. Linkova associate professor, Department of chemical technology of organic substances, Nizhnekamsk chemical-technological Institute (branch), Stroiteley Av., 47 Nizhnekamsk, 394036, Russia, tatiana-linkova@yandex.ru

Oksana V. Khabibrakhmanova associate professor, Department of chemical technology, Branch of Samara Technological University, Mironova, Av., 5, Novokuybyshevsk, 446200, Russia, oksanazarova-77@mail.ru

CONTRIBUTION

Gulnara Sh. Musina wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Tat'yana S. Linkova consultation during the study

Oksana V. Khabibrakhmanova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.14.2018

ACCEPTED 4.19.2018

Research of the technology for the production of modified sulfur bituminous binders

Richard Djimasbe	¹	richarddjimasbe@yahoo.fr
Victor B. Ivanov	¹	vivanov@mail.ru
Alim F. Kemalov	¹	alim.kemalov@mail.ru
Ruslan A. Kemalov	¹	
T F. Valeev	¹	ruslan.kemalov@kpfu.ru
Nikita Nerobov	¹	nernikita@gmail.com

¹ Kazan Federal University, Kremlyovskaya str., 18, Kazan, 420008, Russia

Summary. In this article, a review of the literature on the technology for producing elemental sulfur-based paving material was reviewed, and a laboratory test of this technology was conducted at the Department of Highly Viscous Crude Oil and Bitumen. Natural. Attempts to mix sulfur with bitumen to reduce the cost of road construction and sulfur use were undertaken earlier, but the resulting blends did not provide the appropriate quality and the process was difficult to implement. The article proposes a unique technology to obtain not a physical mixture, but the formation of a chemical bond between sulfur and bitumen with the formation of bitumen polymers. This technology becomes possible with the use of a catalyst specially developed by the initiators of the project and has no equivalent in the world practice. And we add that the subject of the production of sulfur bitumen is not a question of actuality on the one hand since 1970, many researchers are interested in this subject but as with the abundance of oil and no one question about alternative solutions, and today with the reduction of traditional oil this theme is really soliciting.

Keywords: sulfur bitumen, sulfur concrete, bitumen, sulfur, modifier, polymer

Introduction

In recent years, great attention has been paid to the modernization of technologies for the production of binding materials for paving, which contributes to the increase in the life of roads. From the technical and economic point of view, road bitumen is one of the most important and cheapest oil products, depending on his production and application in various fields, such as: road and airfield infrastructure; sealing of building products; for the roof, as well as the insulation system of pipelines.

Until now, road bitumen production has been carried out in several ways: oxidation of vacuum distillation residues, which is in other words referred to as oxidized bitumens, distillation residues (residual bitumen), asphalt mixing of the deasphalting process with other residues (compounded bitumen).

Given the market competitive ability of commodity petroleum products, as well as the impact of the crisis on energy, early in 2000, scientific research began to develop intensively, including the search for new technological approaches to solving techno-economic and environmental problems associated with road surfaces, which are of primary interest for all states and manufacturing enterprises. These events are reflected in the research work of several developed countries and a large manufacturing company, such as Shell Oil Company [1], on the production of paving materials using an elemental sulfur modifier that behave as a polymer compound in bitumen.

The expediency of such technology is due to its unique properties, availability, low cost, soft condition. Gray-Bituminous Binders (GBB) are distinguished by high oxidative stability [2–4]. In France, about 10 km of asphalt concrete is produced for the experimental road coatings annually using a technology that temporarily mixes the molten sulfur with the heated bitumen, followed by treatment with this astringent mineral material.

The percentage of sulfur in the bitumen depends on the cost of sulfur itself and the required quality of the product, including gray bitumen. So, in Saudi Arabia, a complex of scientific research works was carried out to identify the possibilities of using dune sands in asphalt mixtures. It has been revealed that the introduction of 15% sulfur into a mixture of dune sand with High Viscosity Bitumen (HVB) allows not only to reduce the optimum bitumen content from 6.4 to 5%, but also improves the physical and mechanical properties of this product [5]. It is for this reason that the purpose of our research work will, in the future, be more closely related to sulfur-based polymer compounds, in other words, sulfur bitumen.

Production and consumption of paving materials

The world production of oil bitumen in 2001 was 111.5 million tons. The share directly for Russia is 9.1% of the global production capacity of petroleum bitumen.

Для цитирования

Djimasbe R., Ivanov V.B., Kemalov A.F., Kemalov R.A., Valeev T.F., Nerobov N. Research of the technology for the production of modified sulfur bituminous binders/ВестникВГУИТ.2018. Т 80. № 1. С. 270–274. doi:10.20914/2310-1202-2018-1-270-274

For citation

Djimasbe R., Ivanov V.B., Kemalov A.F., Kemalov R.A., Valeev T.F., Nerobov N. Research of the technology for the production of modified sulfur bituminous binders. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80no. 1. pp. 270–274.. doi:10.20914/2310-1202-2018-1-270-274

In the world, especially in Russia, as well as in several central African developing countries such as the Republic of Chad, Nigeria, Cameroon, Gabon, etc., the issue of road sector development (production of road bitumen) is topical, and the strengthening of its sustainability remains very promising [6]. The major manufacturers of bitumen binders based on heavy oils, natural bitumen and mineral resins in the Russian Federation include: OJSC "Asphalt-concrete plant No. 1", OAO "PKO" Chelyabinsk-Stroyindustriya", OOO "Fonika", ZAO "Beton", CJSC "Asphalt-concrete plant no. 4. Kpotnya". The question concerning the technology of production of sulfur-bitumen in Russia is, in practice, significantly important. According to practical data, only 10,000 m² of roadbed is covered with sulfur bitumen and gray-asphalt concrete.

In the Republic of Tatarstan, the technology of production of sulfur bitumen is based on the use of a special catalyst and some special products from oil refining. According to the assessment, this technology is economical and environmentally safe. Author of the project V.B. Ivanov, a chemical engineer, author of more than 50 publications, where 20 of them are patents and author's certificates (From 1975 to 2001, he worked at the Arbuzov Institute of Organic and Physical Chemistry, Kazan Scientific Center of the Russian Academy of Sciences.)

The technology itself is attractive and relevant, since the use of sulfur in the maximum percentage

ratios to raw materials up to 40% makes it possible to reduce the cost of production from 30 to 40%. When using a complex catalyst, S8 sulfur is activated by the mechanism for breaking the bond of the S8 molecule. In Table 1. Comparative characteristics of sulfur concrete and cement concrete.

The production of sulfur concrete in large volumes is extremely dangerous: first, the question arises of the need for strict protection; secondly, sulfur is oxidized by sulfur bacteria and soil poisoning by sulfuric acid can occur. So with the help of technology invented by V.B. Ivanov, one can also solve serious environmental issues. To date, a plant for the production of sulfuric compositions has been assembled, specialized laboratory samples of sulfur concrete and gray-asphalt-concrete coatings have been obtained. There are questions on the introduction of technology, the technology of production of sulfur concrete is interesting because it allows you to obtain innovative materials at prices below the traditional ones. In this regard, we can expect that the sulfur-concrete, given their clear advantage over concrete on Portland cement and asphalt concrete, will have a fairly stable sale. In the new material, sulfur is used together with the cement, with the additive-modifier of a specific design. Advantages of this material are its low water permeability and high corrosion resistance, which is especially important for the acid medium (Table 2).

Table 1.

Comparative characteristics of sulfur concrete and cement concrete

Characteristics	Cement concrete	Grayconcrete
Density on compression, MPa	20–40	85–102
Flexural strength, MPa	3–7,5	10–30
Ultimate strength, MPa	2–4	13–22
Durability time	28 days	1–1.2 hours
Coefficient of thermal expansion, mln cm/s	27,5–32,5	0,25–2,5
Coefficient of thermal conductivity	1,2–1,4	0,05–0,11
Chemical resistance,	Low	High
Water permeability, million cm/s	1/1	Waterproof

Table 2.

Calculation of the cost of cubic meter based on composition

The name of indicators	Cost of a ton of components, rubles.	Content in cubic meter of concrete mixture, rub.	Cost of cubic meter of concrete, rub.
Portland cement M400	4500	400	1800
Sand quartz	300	650	195
Crushed gravel	800	1100	880
Water		150	150
Total			3025
Gray concrete on technical sulfur			
Sulfur	500	350	175
Screening of crushing of carbonate crushed stone	400	400	160
Sand quartz	300	250	75
Total			410

In 10% sulfuric acid, it retains its property for three years. Gray concrete quickly gaining strong characteristics (2–3 hours, normal concrete 28 days). Strength values of sulfur concrete on compression, bending is much better than that of ordinary concrete, it also features high inertia, zero water permeability, high coefficient of adhesion. It should be noted that the properties of sulfur concrete are more dependent on the technological process and quality control of the output raw materials throughout the production phase. In order to produce Gray concrete with industrial volumes, the following equipment is required:

- Drum dryer;
- a reactor for mixing inert materials and sulfur;
- the pump;
- molding equipment such as a carousel and a vibrating pad;
- hangars for raw materials.

Comparative assessment of the quality of Russian and foreign bitumen

The United States is one of the largest countries that produce sulfur bitumen, there is widespread use of asphalt concretes with the addition of sulfur. Gray-bitumen binder is used in different types of fitness, such as: new construction. Repair of road surfaces. Research and development of technology has been carried out together with Canadian firms and the US mining industry laboratory.

Canadian experts and authors were convinced that the amount of sulfur affects the characteristics and properties of sulfur-bitumen, and the attention of researchers is more focused on the method of obtaining preliminary mixtures of sulfur-bitumen. There are two methods of using sulfur in the road bituminous layer of ore materials: with a minimum amount of sulfur in the form of a bitumen diluent in conventional asphalt concrete. The results of the research showed that under such a technological regime it is possible to prepare binders (mixtures based on it) containing up to 30% sulfur in bitumen.

Since the density of sulfur is much higher than the density of bitumen, the consumption of sulfuric binder for the preparation of asphalt mixtures is slightly higher than in bituminous mixtures; a large amount of sulfur is used and as a filler mixture.

In the northern US states in winter, the temperature can reach minus 30° C and in order to improve the low-temperature properties of asphalt-concrete coatings, an astringent bitumen with a penetration depth of 250–350 mm-1 (Asphalt Road Oil Bitumen: AOB 250/350) at 25° C is used as an organic component. It introduces up to 20% sulfur, which increases the thermal stability of the binder, and hence the shear stability of such road surfaces during the summer operating period. The following table shows a comparison of the GOST standards of the Russian The gray-bitumen obtained by us in its application in road construction is given in Table 3.

Table 3.

Analyzes are carried out and certified in the laboratory (VSK-2000 LLC, testing laboratory of GU GLAVTATDORTRANS and laboratory of OAO Alekseevskdorstroy: Federation and foreign ones

Name indicators	GOST 2245–90	Actual values of indicatorsgray-bitumen	
The penetration depth of the needle, 0.1 mm: at 25 °C at 0 °C	no less than 90–130 28	110	79 20
Softening temperature by ring and ball, °C	47	49	48
Extensibility, cm, not less than: at 25 °C at 0 °C	65 4,0	More than 65 3,0	120 3,5
Brittleness temperature 0C	-17	–	-18
Weight change afterwarming up,%	5	4,5	5
Penetration index	From -1,0 to + 1,0	+0,8	-0,58
Conclusion		Serobitum Meets the requirements GOST 2245–90	Serobitum corresponds to the brandbitumen BND 60/90

Physical and chemical processes of interaction of sulfur and bitumen. Factors affecting the properties of sulfur-bituminous binders

The interaction of sulfur and organic compounds has not been studied to date. Considering the significant range of sulfur influence, an important role is played by the mechanism of processes arising from the interaction of sulfur with bitumen and the conditions for the implementation of these processes. Sulfurization reactions are impeded by the complexity of the structure of sulfur itself, its reactivity rapidly acts in some directions with increasing formation of hydrogen sulphides and polysulfones, causes additional secondary reactions (polymer-hydrogenation, condensation).

Depending on the chemical interaction of sulfur with bitumen, sulfur-carbon bonds are formed, respectively, after the interaction of sulfur with unsaturated hydrocarbons of resin components and alkenes. Elemental chemical compositions of resins are constituent parts of aromatic rings, naphthenic and heterocyclic rings between them, which are primarily components of interaction with sulfur [7–10]. As a result of sulphonation reactions, the resin content decreases and the content of the leading high-molecular compounds increases, and consequently the content of the dispersed phase (asphaltenes) in the binder increases.

Sulfur has a very high chemical activity compared to hydrocarbons contained in bitumen.

The reason for this effect on the interaction of sulfur with bitumen is the temperature where, at some temperature limit, the oligomers contained in bitumen begin to react with sulfur at temperatures above 130 °C, as well as compounds saturated at a temperature of 140–150 °C [11–13]. In the interaction of sulfur with bitumen, two basic chemical reactions occur:

– At temperatures up to 140 °C, the result of the interaction of sulfur with bitumen is the formation of polysulfide compounds. The most active bonds appear with aromatic naphthalenes. There is a plasticizing effect, an increase in penetration and a decrease in the softening temperature of the SBC. The content of asphaltenes does not change;

– At temperatures above 140 °C, dehydrogenation reactions of bituminous bonds proceed and hydrogen sulphide is released. Dehydrogenated chains are given cyclization, leading to an increase in the content of asphaltenes. At the same time, sulfur dioxide is released due to the oxidation of sulfur by air oxygen and oxygen from heteropolyasphaltenes [14].

Technical properties of sulfur

Sulfur is a chemical element of Group VI of the Periodic Table of Elements. Mendeleev with an atomic mass of 32.06 and a density of 2.1 g/cm³. The melting point of sulfur is 110–119 °C, boiling

444.8 °C. Sulfur weakly conducts electric current, does not dissolve in water and in most inorganic acids, dissolves well in carbon disulfide, anhydrous ammonia, aniline, potassium hydroxide and other organic solvents. The thermal conductivity of solid and liquid sulfur is low, therefore a considerable amount of energy is required for its melt and heating in the range of 190 kJ/g per 1 kg of solid sulfur. The main properties of sulfur are given in the table 4 [7–9].

Table 4.

The proprieties of sulfur

Indicator	Temperature, °C		
	20	122	150
Density, g/cm ³	2,1	1,96–1,99	1,6–1,81
Compression strength, MPa	2,1	1,96–1,99	1,6–1,81
Moss hardness	12–22	–	–
Viscosity, Pa·s	1–2	0,011–0,012	0,0065–0,0070
Over tension/m	–	–	0,065
Specific heat, KJ/kg	0,7	1,47	1,84

Sulfur can be in three states depending on temperature: solid, liquid and gaseous. The structure of sulfur molecules and their reactivity depends on temperature. At a temperature of 159.4 °C, almost all the properties of liquid sulfur undergo changes. The most significant change undergoes viscosity. At 117° C, the viscosity of pure sulfur is 0.011 Pa · s. With increasing temperature, the viscosity of sulfur first decreases, reaching a minimum at 155 °C – 0.0065 Pa·s.

Beginning at 158 °C, liquid sulfur becomes brown, its viscosity increases and at 187 °C it reaches a maximum value of 93.3 Pa·s. With a further increase in temperature, the viscosity of sulfur decreases, and at 400 °C it becomes 0.16 Pa·s. Such an anomalous change in viscosity is associated with a change in the molecular structure of sulfur. At ordinary temperatures, sulfur consists of eight atomic ring molecules, which begin to break at a temperature of 155–160 °C, which leads to a decrease in viscosity. Then, the ring atoms of the emerging open structures are connected to each other, forming long chains of several thousand atoms.

This is accompanied by a sharp increase in viscosity. Further heating leads to the breaking of the chains, as a result of which the viscosity decreases.

The molecular structure of sulfur is distinguished by a very large variety of polymorphic modifications. At present, more than thirty allotropes of sulfur have been isolated, most of them have not been sufficiently studied, and their single classification is still lacking [7, 8, 15].

Conclusion

A review of literature data from various sources on the use of sulfur in waste. They say that sulfur, introduced into bitumen, is in two states: liquid and solid. The relationship between the amount of liquid state and crystalline sulfur

depends on a number of factors: the chemical composition and the dispersed structure of bitumen, the temperature of the mixture and the time, beginning with the introduction of sulfur. The addition of sulfur leads to the formation of a highly dispersible astringent secondary structure, the type of which depends on the mass content of sulfur in the Gray-bituminous binders. A small addition of sulfur (up to 15%) contributes to the formation of a coagulation structure of coagulation. At a sulfur content of more than 30%, with a decrease in temperature, the formation of the Gray-bituminous binders not only coagulates, but also crystallizes.

The crystallization structure reduces deformability, increases the stiffness and brittleness of the binder. Characteristics of modification

of physical and mechanical properties of bitumen of various categories and types of structure, dispersed from sulfur content in the Gray-bituminous binders and rational doses of sulfur. It is shown that the addition of sulfur to 20% is equivalent to the introduction of a plasticizer. At higher doses (up to 30–40%), sulfur is an additive that forms a structure that increases the viscosity and heat resistance, slightly reducing the crack resistance of the binder. Introduction of Gray-bituminous binders temperature. preparation and compaction of bitumen-concrete mixtures.

The results given by us show that Serobitum can successfully replace ordinary bitumen in production. Asphalt concrete shows the same, and sometimes significantly more than usual bitumen.

REFERENCES

- 1 Sutandar T., Poirier G. Shell Oil Company : Les enrobes Bitumineux modifies au soufre. 2012. 30 p. Available at: <http://www.bitumequebec.ca/wp-content/uploads/2015/06/14-enrobes-bitumineux-modifies-au-soufre-g-poirier.pdf>
- 2 Slavutskii M.S. Why the viscous bitumens were stuck. Automobile roads. 2000. no. 7. pp. 24–25.
- 3 Sokhadze V. Sh. New possibilities of bituminous materials. Construction and real estate. 2001. no. 2. pp. 25–29.
- 4 Rudenskaya I.M., Rudensky A.V. Organic binders for road construction. Moscow, Transport, 1984. 229 p.
- 5 Eugene M. Urgency of production of gray-concrete and gray-bitumen. The use of sulfur in road construction in the US, Canada, France, Poland. The Right Solution. Available at: <http://www.xn--dtbhaacat8bfloi8h.xn--p1ai/serobeton-actual>
- 6 Djimasbe R., Fakhrutdinov R.Z., Galiullin E.A., Laskovenokova E.A. On the Role of Oil Production and Refining in the Economy of the Republic of Chad. Bulletin of Kazan National Technological University. 2017. vol. 20. no. 3
- 7 Mencovsky M.A., Yavorsky V.T. Technology of sulfur. Moscow, Chemistry, 1985. 286 p.
- 8 Khaliullin A.K. Chemistry of sulfur. Moscow, Stroiizdat, 1995. 170 p.
- 9 Lyapina N.K. Chemistry and Physicochemistry of Organosulfur Compounds of Petroleum Distillates . Moscow, Nauka, 1984. 120 p.
- 10 Telyashev I.R. et al. Influence of technological parameters on the interaction of sulfur with oil residues. Oil refining and petrochemistry. Ufa, Publishing house IPNHP, 2001. no. 33, pp. 76–81.
- 11 Tomkowiak K., Zelinski K. Wplywdodatkydsidrky do asfaltow. Drogownictwo. 1983. no. 2. pp. 55–59.
- 12 Stefanczyk B. Wplumsiarkinaroznero dzaje asfaltow. Drogownictwo. 1985. no. 5. pp. 142–158.
- 13 Kalabinska M., Pilat J. Technologiamaterialow I nawierzchnidrogowych. Warszawa, 1985. 235 p.
- 14 Sidorenko N.N. Extension of service life of road asphalt-concrete coatings in the Far North conditions. Moscow, 1987. 20 p.
- 15 Borbat V.F., Elesin M.A., Turenko F.P. Chemistry of sulfur in industrial materials technology. Omsk, Publishing house "Academy", 2004. 274 p.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Richard Djimasbe graduate student, high-viscosity oils and natural bitumen department, Kazan Federal University, Kremlyovskaya str., 18, Kazan, 420008, Russia, richarddjimasbe@yahoo.fr

Victor B. Ivanov senior employee, high-viscosity oils and natural bitumen department, Kazan Federal University, Kremlyovskaya str., 18, Kazan, 420008, Russia, vivanov@mail.ru

Alim F. Kemalov Dr. Sci. (Engin.), professor, high-viscosity oils and natural bitumen department, Kazan Federal University, Kremlyovskaya str., 18, Kazan, 420008, Russia, alim.kemalov@mail.ru

Ruslan A. Kemalov Cand. Sci. (Engin.), associate professor, high-viscosity oils and natural bitumen department, Kazan Federal University, Kremlyovskaya str., 18, Kazan, 420008, Russia,

T F. Valeev senior employee, high-viscosity oils and natural bitumen department, Kazan Federal University, Kremlyovskaya str., 18, Kazan, 420008, Russia, ruslan.kemalov@kpfu.ru

Nikita Nerobov graduate student, high-viscosity oils and natural bitumen department, Kazan Federal University, Kremlyovskaya str., 18, Kazan, 420008, Russia, nernikita@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.5.2018

ACCEPTED 5.23.2018

Получение формальдегида на новой каталитической системе

Ирина Н. Шумкова	¹	daminova-i@mail.ru
Татьяна С. Линькова	²	tatiana-linkova@yandex.ru
Дмитрий Н. Земский	³	79172546004@yandex.ru
Оксана В. Хабибрахманова	⁴	oksanazarova-77@mail.ru

¹ Нижнекамский химико-технологический институт, пр-т Строителей, 47, г. Нижнекамск, Республика Татарстан, 723570, Россия

² Самарский государственный технический университет, ул. Миронова, 5, Самарская область, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия

Реферат. Формальдегид находит широкое применение во многих областях промышленности. Увеличение потребности в формальдегиде привели к росту научных исследований, цель которых – получить наибольший выход продукта (формальдегида) при минимальных затратах на сырье, катализатор и его регенерацию, энергоносители и т.д. На промышленных установках по получению формальдегида окислительным дегидрированием метанола на катализаторе «серебро на пемзе» температура процесса поддерживается на уровне 600 °С. В работе исследован процесс получения формальдегида окислением метанола кислородом воздуха с при совмещении катализаторов «серебро» и «серебро на пемзе» в интервале температур 250–450 °С. Результаты показали возможность практического применения совмещенного катализатора. Химико-технологически показатели процесса с использованием опытного катализатора немного ниже производственных показателей, однако, температура опытного процесса в 2 раза ниже – это позволит не только сократить энергетические затраты, но и увеличить срок службы катализатора и затраты на его регенерацию.

Ключевые слова: формальдегид, окисление, дегидрирование, серебро на пемзе, катализатор дегидрирования, катализатор окисления

Obtaining formaldehyde on a new catalytic system

Irina N.Shumkova	¹	daminova-i@mail.ru
Tat'yana S. Linkova	²	tatiana-linkova@yandex.ru
Dmitrii N. Zemskii	³	79172546004@yandex.ru
Oksana V. Khabibrakhmanova	⁴	oksanazarova-77@mail.ru

¹ Nizhnekamsk chemical-technological Institute, Stroiteley, Av., 47 Republic of Tatarstan, Nizhnekams, 723570, Russia

² Branch Federal State Budget Educational Institution Higher Education Samara Technological University, Mironova, Av.,5, Samara Region, Novokuybyshevsk, 44620, Russia

Summary. Formaldehyde is widely used in many fields of industry. The increase in the need for formaldehyde led to an increase in scientific research, the purpose of which is to obtain the greatest yield of the product (formaldehyde) with minimal costs for raw materials, catalyst and its regeneration, energy carriers, etc. At industrial plants for the production of formaldehyde by oxidative dehydrogenation of methanol on the silver on pumice catalyst, the process temperature is maintained at 600 °C. The process of obtaining formaldehyde by oxidation of methanol with air oxygen at the combination of catalysts "silver" and "silver on pumice" in the temperature range of 250–450 °C is investigated. The results showed the possibility of practical application of the combined catalyst. Chemical and technological parameters of the process with the use of a new catalyst are slightly lower than production indicators, however, the temperature of the pilot process is 2 times lower - this will reduce not only the energy costs, but also increase the life of the catalyst and the cost of its regeneration.

Keywords: formaldehyde, oxidation, dehydrogenation, silver on pumice, dehydrogenation catalyst, oxidation catalyst

Введение

Формальдегид, как продукт окисления спиртов, находит широкое применение во многих областях промышленности и хозяйства. Основная часть формальдегида идёт на изготовление полимеров – реактопластов (фенолформальдегидные, карбамидформальдегидные и меламиноформальдегидные смолы), которые применяют для получения пластических масс, синтетических клеев, лаков, герметиков, пресс-композиций с различными наполнителями, древесно-волоконных и древесно-стружечных плит, пропиточных и заливочных композиций. Формальдегид также широко используется в промышленном органическом синтезе (пентаэритрит, триметилолпропан), в медицине, фармакологии, строительстве, деревообрабатывающей промышленности, текстиле, бытовой химии [1–5].

Для цитирования

Шумкова И.Н., Линькова Т.С., Земский Д.Н., Хабибрахманова О.В. Получение формальдегида на новой каталитической системе // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 275–282. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-275-282

Формальдегид – это яд, который является чрезвычайно опасным веществом. Обладает токсичностью, негативно воздействует на генетический материал, репродуктивные органы, дыхательные пути, глаза, кожные покровы. Оказывает сильное действие на центральную нервную систему. Смертельная доза 40% водного раствора формальдегида составляет 10–50 г. Приём внутрь 60–90 мл является смертельным. Симптомы отравления: бледность, упадок сил, бессознательное состояние, депрессия, затруднённое дыхание, головная боль, нередко судороги по ночам [6–10].

Промышленно освоенные способы получения формальдегида:

1) Окислительное дегидрирование метанола на серебряном катализаторе;

For citation

Shumkova I.N., Linkova T.S., Zemsky D.N., Khabibrakhmanova O.V. Obtaining formaldehyde on a new catalytic system. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 275–282. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-275-282

- 2) Окислительное дегидрирование метанола на окисдных катализаторах;
- 3) Окисление метанола в формальдегид;
- 4) Дегидрирование метанола в формальдегид;
- 5) Окисление природного газа и низших парафинов.

Процесс окислительной конверсии метанола в формальдегид известен уже несколько десятков лет и до сегодняшнего дня успешно используется в промышленности [2].

На промышленных установках по получению формальдегида из метанола чаще всего используют трегерные (нанесенные) серебряные катализаторы [11].

Наиболее широкое применение в качестве носителя получила пемза [2]. Пемза – механически нестойкое вещество и в процессе длительной эксплуатации (4 месяца) может подвергаться частичному разрушению. В результате чего массовая доля потерь катализатора «серебро, нанесенное на пемзу» составляет 8 – 10% и, таким образом, автоматически исключается из дальнейшего использования, так как подлежит переработке с целью утилизации серебра. Всего пемзосеребряный катализатор выдерживает 3–4 цикла регенерации, после чего его из-за низкой активности и селективности заменяют на новый свежий катализатор [12]. В связи с этим необходим новый способ применения серебра в качестве катализатора, дающий минимальные потери драгоценного металла и выдерживающий большее число регенерации с сохранением высоких показателей процесса

Существует достаточно большое количество предложенных катализаторов, которые могли бы быть использованы для получения формальдегида. Исследования по получению формальдегида широко велись еще с прошлого века, однако, во многих из них имеются недостатки, такие как: небольшой срок службы катализатора, который работает в области низких степеней превращения с низкой производительностью; невысокий выход формальдегида; невысокие химико-технологические параметры процесса [13–15].

Увеличение потребности в формальдегиде привели к росту научных исследований, цель которых – получить наибольший выход продукта (формальдегида) при минимальными затратах на сырье, катализатор и его регенерацию, энергоносители и т. д. Одним из примеров является способ превращения метанола в формальдегид на серебряных композициях за счет использования циклической подачи кислорода в реакционное пространство, с одной стороны, и организации посткаталитического пространства, с другой, в котором реализуются цепные превращения [16].

Изучив современные методы регенерации серебряного катализатора, можно сделать вывод, что все большую популярность приобретают способы использования новых катализаторов на основе старых, в результате которых показатели процесса увеличиваются или остаются неизменными, а затраты на регенерацию катализатора уменьшаются.

Возможно, при одновременном использовании в качестве катализатора «серебро на пемзе» и «чистое серебро» показатели процесса увеличатся, а потери драгоценного металла при утилизации «серебра на пемзе» уменьшатся.

На промышленных установках по получению формальдегида окислительным дегидрированием метанола на катализаторе «серебро на пемзе» температура процесса поддерживается на уровне 600 °С, при этом конверсия метанола составляет около 70%, селективность образования формальдегида – около 87%.

В настоящей работе поставлена задача практическим путем определить принципиальную возможность использования совмещенного катализатора «серебро на пемзе» и «чистое серебро» при более низких температурах.

Материалы и методы

Для проведения реакции использовали технический метанол марки ОКП 24 2111 (ГОСТ 2222-95) [17], кислород воздуха и воду [18] (для уменьшения выхода побочных продуктов), а в качестве инертного растворителя – азот (ГОСТ 9293-74) [19].

Схема установки окисления представлена на рисунке 1.

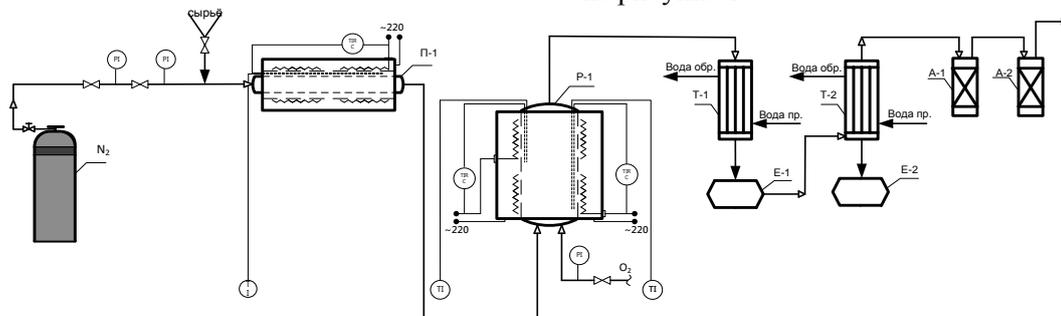


Рисунок 1. Схема получения формальдегида окислительной конверсией метилового спирта, П-1 – испаритель; P-1 – реактор окисления; T-1, T-2 – прямые холодильники; E-1, E-2 – приемники; A-1, A-2 – абсорберы

Figure 1. Scheme of formaldehyde production by oxidative conversion of methyl alcohol, P-1-evaporator; P-1-oxidation reactor; T-1, T-2-direct refrigerators; E-1, E-2 – receivers; A-1, A-2 – absorbers

Установка состоит из испарителя П-1, реактора Р-1, холодильников Т-1, Т-2, емкостей Е-1, Е-2, абсорберов А-1, А-2. В качестве инертного разбавителя используется азот, который в систему подается из баллона через расходомер, регулируемый зажимом. После смешения сырья с инертным газом масса направляется в кварцевый испаритель П-1, который состоит из двух частей: внутренней трубки для испарения и внешней рубашки. В средней части испарителя расположена обмотка, соединенная с латером для подачи и регулирования тепла. В зазоре между трубкой и рубашкой помещается термопара, соединенная с прибором, который показывает температуру в испарителе. Для устранения тепловых потерь испаритель обматывают асбестовой нитью и стеклотканью. Азот и пары сырья поступают из испарителя П-1 в нижнюю часть реактора окисления Р-1, где имеется боковой отвод для подачи кислорода воздуха посредством компрессора и пузырькового расходомера.

Кварцевый реактор Р-1 состоит из двух зон: нижней, предназначенной для смешения и подогрева реакционной массы до заданной температуры, и верхней, где располагается слой катализатора, насадки и проходит реакция окисления. В качестве катализатора используется серебро, нанесенное на пемзу, чистое серебро, медь, в качестве насадки – измельченное кварцевое стекло. Имеется две термопары: одна из них измеряет температуру верха реактора, а вторая – низа реактора. Для устранения тепловых потерь реактор обмотан асбестовой нитью и стеклотканью.

Реактор Р-1 соединяется с холодильником Т-1 через угловой переходник. Внутренняя трубка холодильника Т-1 загружается цилиндрической стеклянной насадкой. Пары продукта после конденсации стекают в приемник Е-1. После холодильника Т-1 расположен холодильник Т-2 для дополнительной конденсации паров в приемник Е-2. Далее уносимые пары поступают последовательно в абсорберы А-1 и А-2, наполненные водой и щелочью для лучшего улавливания газообразных продуктов. В течение процесса приемники и абсорберы охлаждаются льдом для снижения потерь продукта.

Активными центрами катализатора дегидрирования являются поверхностные оксиды серебра, на которых сорбируются метанол и кислород. В процессе хемосорбции кислорода осуществляется перенос заряда с атомов серебра на адсорбированный кислород, и поверхность заряжается отрицательно [2].

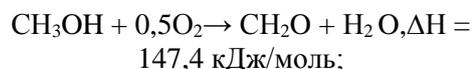
В качестве катализатора используется серебро, нанесенное на пемзу (далее по тексту – промышленный катализатор); серебро на пемзе и чистое серебро (5:1 об. доли) (далее по тексту – опытный катализатор), в качестве насадки – измельченное кварцевое стекло.

В промышленности окислительную конверсию метанола в формальдегид на металлических катализаторах проводят в интервале температур 500–700 °С, мольное соотношение кислорода поддерживают на уровне 0,30–0,33 моль. В настоящей работе проведены реакции при пяти температурах от 250 до 450 °С с шагом в 50 °С при соотношении $O_2:CH_3OH = 0,35 : 1$ и при мольных соотношениях $O_2:CH_3OH = (0,15; 0,25; 0,35; 0,45) : 1$ с температурой 300 °С.

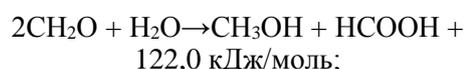
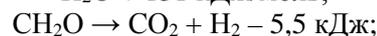
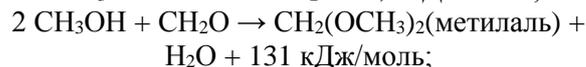
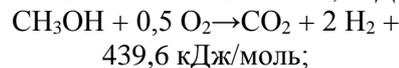
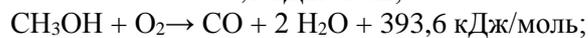
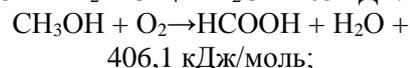
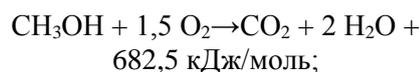
Определение количественного содержания формальдегида в смеси продуктов окисления метанола провели по методу титрования; хроматографическим методом определили концентрацию веществ в анализируемой смеси (на основании которых были определены конверсия и селективность окисления метанола).

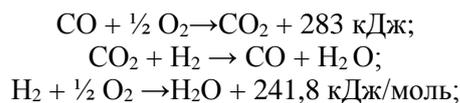
Результаты и обсуждение

Окислительное дегидрирование метанола заключается в совмещении процесса окисления и дегидрирования метанола:



Кроме превращения в целевой продукт возможно образование множества побочных веществ, таких как муравьиная кислота, метилаль, метан, углекислый газ, угарный газ, вода, водород.



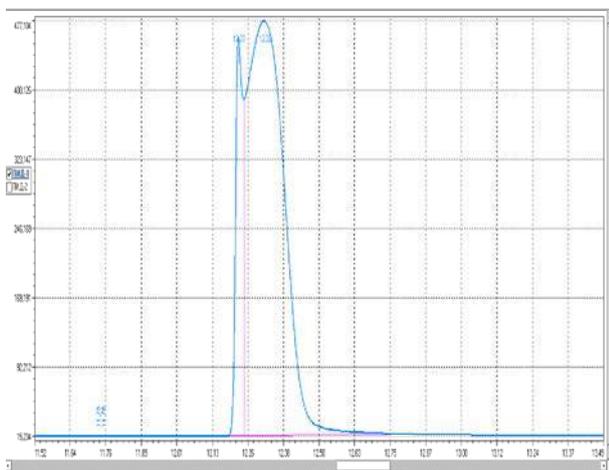


Вследствие побочных реакций суммарный тепловой эффект процесса значительно выше, чем тепловой эффект окисления метилового спирта по первой реакции.

Хроматографический метод позволяет определить концентрацию веществ в анализируемой смеси, на основании этого мы определим конверсию и, впоследствии, селективность смеси продуктов окисления метанола.

С помощью газового хроматографа «Кристалл люкс 4000 М» были сняты хроматограммы исходных веществ, целевого продукта, продуктовой смеси каждого эксперимента. Однако стоит иметь в виду тот факт, что хроматограф имеет пламенно-ионизационный детектор, который не определяет содержание таких веществ как кислород, азот, вода, оксид углерода, водород, которые также содержатся в продукте реакции, поэтому значения конверсии и селективности определяются приближенно.

Для начала необходимо определить принадлежность веществ к соответствующим пикам на хроматограмме продукта окисления метанола. Хроматограмма исходного метанола (рисунок 2) имеет своеобразный двухгорбный пик:

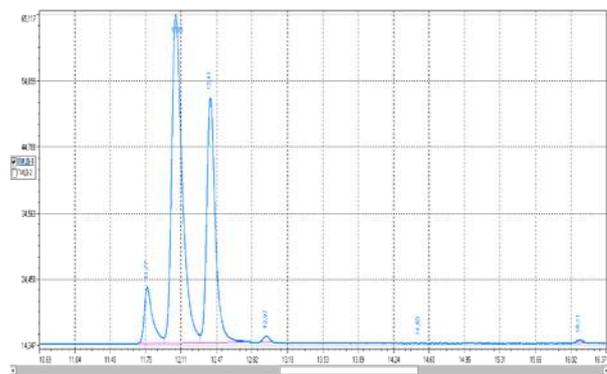


Время, мин Time, min.	Площадь, мв×мин Area, mv×min	Площадь, % Area, %
12,22	12,80	15,79
12,32	68,70	84,20

Рисунок 2. Хроматограмма метанола

Figure 2. Chromatogram of methanol

Была снята хроматограмма формалина (рисунок 3), на ней вышло 3 пика, предполагаем, что средний пик отвечает формальдегиду, так как площадь этого пика, следовательно, и содержание, максимально, остальные – полимеры формальдегида.



Время, мин Time, min.	Площадь, мв×мин Area, mv×min	Площадь, % Area, %
11,77	0,84	7,74
12,06	6,14	56,73
12,41	3,69	34,05

Рисунок 3. Хроматограмма формалина

Figure 3. Chromatogram of formalin

На хроматограмме процесса окисления (рисунок 4) первый пик отвечает формальдегиду, второй – непревращенному сырью, третий и четвертый – побочным продуктам, предположительно муравьиной кислоте и диметилформальду (метилалю).

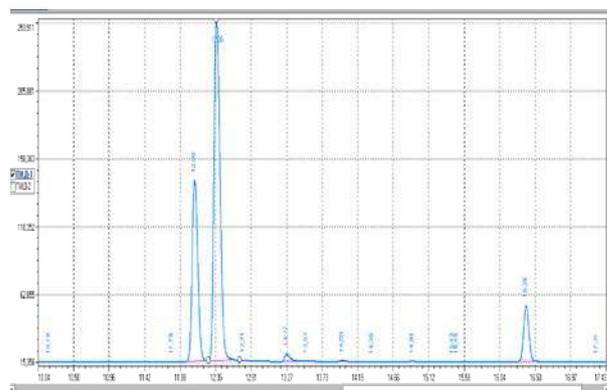


Рисунок 4. Хроматограмма окисления метанола на катализаторе «серебро на пемзе»

Figure 4. Chromatogram of methanol oxidation on the catalyst «silver on pumice»

Изучив хроматограммы всех опытов, были рассчитаны конверсии и селективности процесса.

Исследование процесса синтеза формальдегида на промышленном и опытном катализаторах показало, что выход формальдегида с использованием промышленного катализатора плавно растет с повышением температуры (рисунок 5). При использовании опытном катализатора выход целевого продукта растет до 300 °С и достигает максимального значения, а затем резко снижается. Предположительно, выход целевого продукта на опытном катализаторе снижается с очень высокой скоростью из-за значительного развития образования побочных веществ.

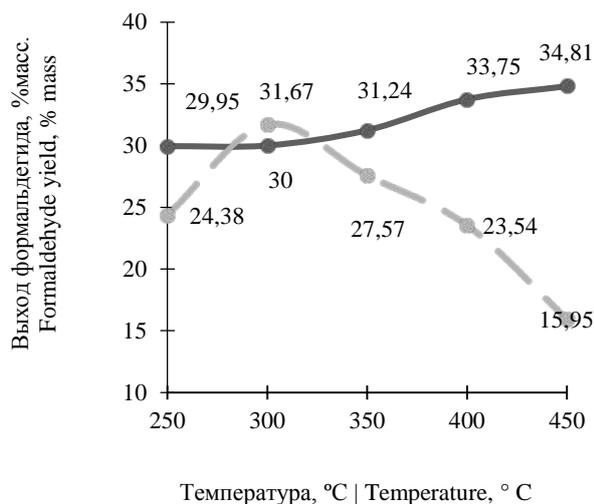


Рисунок 5. Зависимость выхода формальдегида от температуры; -- катализатор промышленный, — катализатор опытный

Figure 5. The dependence of the yield of formaldehyde from the temperature; -- catalyst-industrial; — catalyst-experienced

Конверсия сырья с повышением температуры возрастает. На промышленном катализаторе конверсия метанола плавно растет с увеличением температуры (рисунок 6). В случае с опытным катализатором конверсия растет до температуры 400 °C, а затем резко снижается. Возможно, это происходит из-за зауглероживания серебряного катализатора.

Высокие показатели опытного катализатора свидетельствуют о том, что он обладает наибольшей способностью к окислительному дегидрированию.

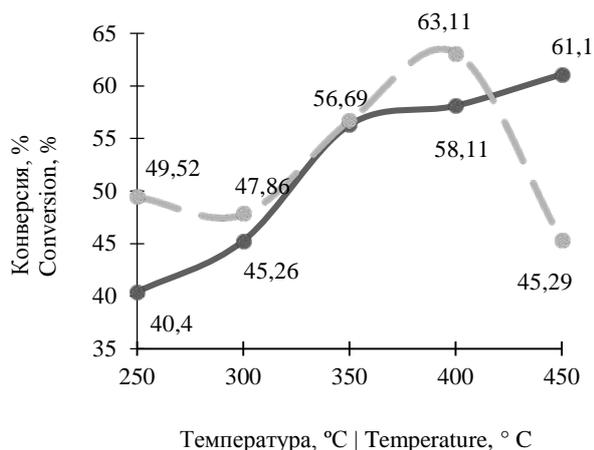


Рисунок 6. Зависимость конверсии метанола от температуры процесса; -- катализатор промышленный, — катализатор опытный

Figure 6. Dependence of methanol conversion on process temperature; -- catalyst-industrial; — catalyst-experienced

Селективность процесса снижается с повышением температуры (рисунок 7). Наибольшее значение селективности опытного катализатора зафиксировано при температуре 300 °C. Скорее всего, с ростом температуры на опытном катализаторе значительно увеличивается доля протекания побочных реакций.

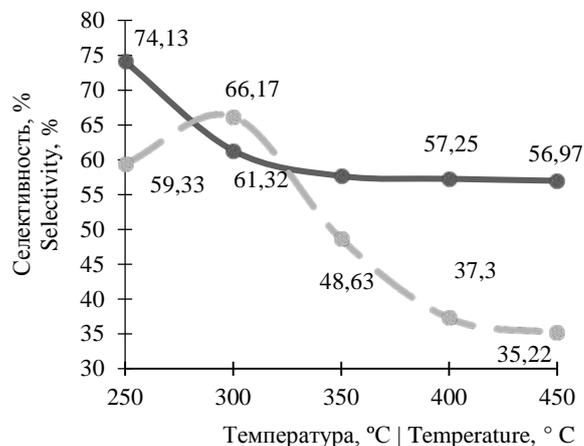


Рисунок 7. Зависимости селективности образования формальдегида от температуры процесса; -- катализатор промышленный, — катализатор опытный

Figure 7. Based on the selectivity of the formation of formaldehyde from the process temperature; -- catalyst-industrial; — catalyst-experienced

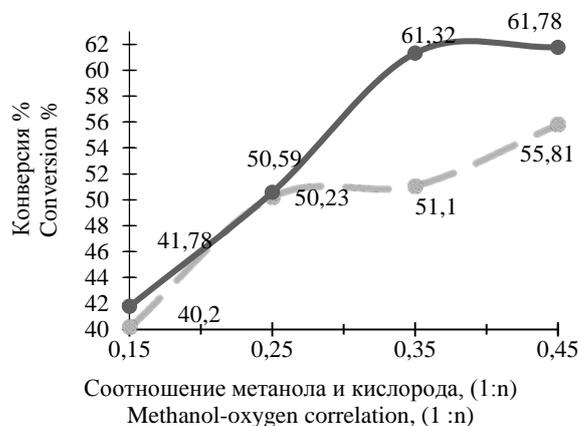


Рисунок 8. Зависимость конверсии метанола от мольного соотношения подачи исходного сырья при t = 300 °C; -- катализатор промышленный, — катализатор опытный

Figure 8. The dependence of the methanol conversion from the molar ratio of the supply of raw materials at 300; -- catalyst-industrial; — catalyst-experienced

При использовании опытного катализатора наилучшие значения принимает селективность, а при использовании промышленного — конверсия метанола.

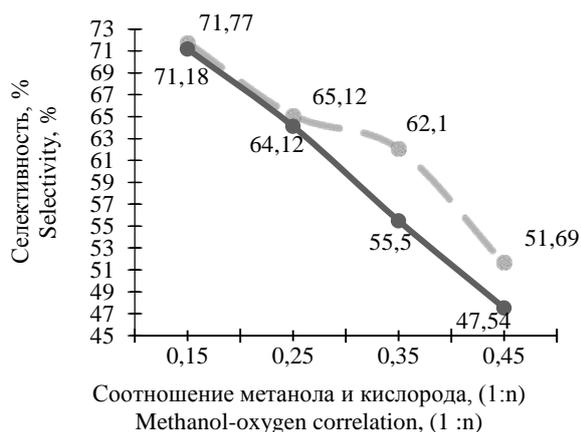


Рисунок 9. Зависимость селективности от мольного соотношения подачи исходного сырья при $t = 300$; — — катализатор промышленный, — катализатор опытный

Figure 9. Dependence of selectivity on the molar feed ratio at 300°C ; — — catalyst-industrial; — catalyst-experienced

С увеличением количества подаваемого кислорода конверсия метанола возрастает (рисунок 8), а селективность снижается (рисунок 9) при использовании промышленного и опытного катализаторов. Это говорит об увеличении роста числа побочных реакций на обоих катализаторах.

Заключение

В работе исследован процесс получения формальдегида окислением метанола кислородом

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Перспективы // The Chemical Journal. 2016. № 24.
- 2 Огородников С.К. Формальдегид. Л.: Химия, 1984. 280 с.
- 3 Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.И. Биоорганическая химия. М.: Медицина, 1985. 190 с.
- 4 Грушова Е.И., Юсевич А.И., Куис О.В. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза. Лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов по специальности «Химическая технология органических веществ, материалов и изделий». Минск: БГТУ, 2011. 141 с.
- 5 Фенолоальдегидные смолы. Российский энциклопедический словарь. М.: «Большая российская энциклопедия», 2000. С. 1963.
- 6 ГОСТ 4598–86 Плиты древесноволокнистые. Технические условия.
- 7 Корольченко А.Я., Корольченко Д.А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. М.: Асс. "Пожнаука", 2004. 713 с.
- 8 Гигиенические нормативы ГН 2.1.5.1315–03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования».

воздуха с применением промышленного (серебро на пемзе) и опытного (совмещенный «серебро на пемзе» и «чистое серебро» 5:1 об. доли) катализаторов при различных температурах, с помощью метода определения альдегидных группировок изучена зависимость конверсий от количества подаваемого окислителя при фиксированной температуре.

Использование опытного катализатора при температуре 300°C и при мольном $\text{O}_2:\text{CH}_3\text{OH} = 0,15:1$ дает лучшие результаты химико-технологические показатели процесса, чем при использовании при тех же условиях промышленного катализатора.

Результаты показали возможность практического применения совмещенного катализатора «серебро на пемзе» и «чистое серебро».

Химико-технологически показатели процесса с использованием опытного катализатора немного ниже производственных показателей, однако, температура опытного процесса в 2 раза ниже – это позволит не только сократить энергетические затраты, но и увеличить срок службы катализатора и затраты на его регенерацию. Также при меньших температурах процесса в атмосферу выделяются намного меньше вредных веществ, то есть процесс окислительного дегидрирования метанола становится экологичным, менее опасным не только для человека, но и всего окружающего его мира.

- 9 Гигиенические нормативы ГН 2.1.6.1338–03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест».

- 10 Гигиенические нормативы ГН 2.2.5.1313–03. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

- 11 Платэ Н.А., Сливинский Е.В. Основы химии и технологии мономеров. М.: Наука: МАИК «Наука / Интерпериодика», 2002. 696 с.

- 12 Бутенко А.Н., Отводенко С.Э., Русинов А.И., Савенков А.С. Исследование серебряных катализаторов получения формальдегида, нанесенных на алюмосиликатный носитель // Научные журналы НТУ «ХПИ»: Интегрированные технологии и энергосбережение. 2004. № 4.

- 13 Ruterana P., Buffat P.A., Prairie M., Renken A. The structure of the Na_2MoO_4 catalyst for water free dehydrogenation of methanol to formaldehyde // Helvetica Physica Acta. 1989. №62. P. 227–230.

- 14 Патент РФ № 3719055 Способ получения формальдегида, 1988.

- 15 Meyer A., Renken A. New catalysts for the dehydrogenation of methanol to water-free formaldehyde // Proc. 9th Int. Congr. Catal. 1988. V.4. P.1898–1905

- 16 Усачев Н.Я., Круковский И.М., Канаев С.А. Неокислительное дегидрирование метанола в формальдегид // Нефтехимия. 2004. Т.44. С. 411
- 17.ГОСТ 6709–72 Вода дистиллированная. Технические условия. М.: ФГУП Стандартиформ, 2010.
- 18ГОСТ 2222–95 Метанол технический. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2000.
- 19ГОСТ 9293–74 (ИСО 2435–73) Азот газообразный и жидкий. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2007.
- 20 Лебедев Н.Н., Монаков М.Н., Швец В.Ф. Теория технологических процессов основного органического и нефтехимического синтезов. М.: Химия, 1984.
- 21 Мухленов И.П. и др. Общая химическая технология (часть 2, Важнейшие химические производства). М.: «Высшая школа», 1984
- 22 Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза. М.: Химия, 1968.
- 23 Usachev N. Ya., Belanova E.P., Kazakov A.V. et al. // Stud. Surf. Sci. Catal. (Zeolites and Mesoporous materials at the dawn of the 21st century). 2001. V.135. P.206.
- 24 Methanol (CAS Reg. No. 67–56–1), Interim Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) // EPA, 2005: "Odor: Alcoholic odor; pungent odor when crude; pungent.
- 25 Vale A. «Methanol». Medicine. 2007. № 35 (12). P. 633–4. DOI:10.1016/j.mpmed.2007.09.014
- 10 Gigenicheskie normativy 2.2.5.1313–03 [Hygienic standards GN 2.2.5.1313–03. "Maximum permissible concentrations (MPC) of harmful substances in the air of the working area»]
- 11 Plateau N. Ah. Osnovy khimii i tekhnologii monomerov [Fundamentals of chemistry and technology of monomers] Moscow, Science: MAIK "Nauka/Interperiodica", 2002. 696 p. (in Russian)
- 12 Butenko A.N., Otvodenko S.C., Rusinov A.I., Savenkov A.S. Study of silver catalysts for the preparation of formaldehyde deposited on the aluminosilicate carrier *Nauchnye zhurnaly NTU* [Scientific journals of NTU "KHPI": Integrated technologies and energy conservation] 2004. no. 4. (in Russian)
- 13 Ruterana P., Buffat P.A., Prairie M., Renken A. The structure of the Na₂MoO₄ catalyst for water free dehydrogenation of methanol to formaldehyde. *Helvetica Physica Acta*. 1989. no. 62. pp. 227–230.
- 14 Sposob polucheniya formal'degida [Method for obtaining formaldehyde] Patent RF, no. 3719055, 1988. (in Russian)
- 15 Meyer A., Renken A. New catalysts for the dehydrogenation of methanol to water-free formaldehyde. *Proc. 9th Int. Congr. Catal.* 1988. vol. 4. pp. 1898–1905
- 16 Usachev N.Ya., Krukovski IM, Kanaev S.A. Nonoxidative dehydrogenation of methanol into formaldehyde. *Nefteximiya* [Petrochemistry] 2004. vol. 44. pp. 411 (in Russian)
- 17 GOST 6709–72 Voda distillirovannaya [Distilled Water. Technical conditions] Moscow, Standartinform, 2010 (in Russian)
- 18 GOST 2222–95 Metanol tekhnicheskii [Methanol technical. Technical conditions] Moscow, Publishing house of standards, 2000. (in Russian)
- 19 GOST 9293–74 (ISO 2435–73) azot gazoobraznyi [Nitrogen, gaseous and liquid. Technical conditions] Moscow, Standartinform, 2007. (in Russian)
- 20 Lebedev N.N., Monakov M.N., Shvets V.F. Teoriya tekhnologicheskikh protsessov [Theory of technological processes of basic organic and petrochemical synthesis] Moscow: Chemistry, 1984. (in Russian)
- 21 Mukhlenov I.P. Obshchaya khimicheskaya tekhnologiya [General chemical technology (part 2, the most important chemical production)] Moscow, "Higher school", 1984 (in Russian)
- 22 Yukelson I.I. Tekhnologiy osnovnogo organicheskogo sinteza [Technology of basic organic synthesis] Moscow, Chemistry, 1968. (in Russian)
- 23 Usachev N. Ya., Belanova E.P., Kazakov A.V. et al. Stud. Surf. Sci. Catal. (Zeolites and Mesoporous materials at the dawn of the 21st century). 2001. vol.135. pp. 206 (2001)
- 24 Methanol (CAS Reg. No. 67–56–1), Interim Acute Exposure Guideline Levels (AEGs). EPA, 2005: "Odor: Alcoholic odor; pungent odor when crude; pungent.
- 25 Vale A. «Methanol». Medicine. 2007. no. 35 (12). pp. 633–4. DOI:10.1016/j.mpmed.2007.09.01.

REFERENCES

- 1 Prospects. The Chemical Journal. 2016. no. 24.
- 2 Ogorodnikov S.K. Formal'degid [Formaldehyde] Leningrad, Chemistry, 1984. 280 p. (in Russian)
- 3 Tyukavkina N.A., Baukov Y.I. Bioorganicheskaya khimiya [Bioorganic chemistry] Moscow, Medicine, 1985, 190 p. (in Russian)
- 4 Grushova E.I., Yusevich A.I., Kuis O.V. Khimicheskaya tekhnologiya organicheskikh veshchestv, materialov [Chemistry and technology of basic organic and petrochemical synthesis. Laboratory workshop: studies. manual for students in the specialty "Chemical technology of organic substances, materials and products"] Minsk, BSTU, 2011. 141 p. (in Russian)
- 5 Fenolal'degidnye smoly [Phenolaldehyde tar. Russian encyclopedic dictionary] Moscow, Great Russian encyclopedia, 2000. pp. 1963. (in Russian)
- 6 GOST 4598–86 Plity drevesnovoloknistye [Fiberboard. Technical conditions] (in Russian)
- 7 Korolchenko A.J., Korolchenko D.A. Pozharozryvoopasnost' veshchestv [Fire and explosion hazard of substances and materials and means of their suppression] Moscow, ACC. "Pozhnauka", 2004. 713 p. (in Russian)
- 8 Gigenicheskie normativy 2.1.5.1315–03 [Hygienic standards GN 2.1.5.1315–03. "Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in water of water bodies of economic-drinking and cultural-household water use"]
- 9 Gigenicheskie normativy 2.1.6.1338–03 [Hygienic standards GN 2.1.6.1338–03. "Maximum permissible concentrations (MPC) of pollutants in the atmospheric air of populated areas"]

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина Н. Шумкова магистрант, кафедра химической технологии органических веществ, Нижнекамский химико-технологический институт, пр-т Строителей, 47, Республика Татарстан, г. Нижнекамск, 723570, Россия, daminova-i@mail.ru

Татьяна С. Линькова к.т.н., доцент, кафедра химической технологии органических веществ, Нижнекамский химико-технологический институт, пр-т Строителей, 47, Республика Татарстан, г. Нижнекамск, 723570, Россия), tatiana-linkova@yandex.ru

Дмитрий Н. Земский к.т.н., директор, заведующий кафедрой, кафедра химической технологии органических веществ, Нижнекамский химико-технологический институт, адрес пр-т Строителей, 47, Республика Татарстан, г. Нижнекамск, 723570, Россия, 79172546004@yandex.ru

Оксана В. Хабибрахманова к.х.н., доцент, кафедра химической технологии, Самарский государственный технический университет, ул. Миронова, 5, Самарская область, г. Новокуйбышевск, 446200, Россия, oksanazarova-77@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Ирина Н. Шумкова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

Татьяна С. Линькова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Дмитрий Н. Земский консультация в ходе исследования

Оксана В. Хабибрахманова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 01.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 02.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina N. Shumkova master student, chemical technology of organic substances department, Nizhnekamsk chemical-technological Institute, Stroiteley, Av., 47 Republic of Tatarstan, Nizhnekams, 723570, Russia, daminova-i@mail.ru

Tat'yana S. Linkova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemical technology of organic substances department, Nizhnekamsk chemical-technological Institute, Stroiteley, Av., 47 Republic of Tatarstan, Nizhnekams, 723570, Russia, tatiana-linkova@yandex.ru

Dmitrii N. Zemskii Cand. Sci. (Engin.), director, head of department, chemical technology of organic substances department, Nizhnekamsk chemical-technological Institute, Stroiteley, Av., 47 Republic of Tatarstan, Nizhnekams, 723570, Russia, 79172546004@yandex.ru

Oksana V. Khabibrakhmanova Cand. Sci. (Chem.), do-cent, chemical technology department, Samara Technological University, Mironova, Av.,5, Novokuybyshevsk, 44620, Russia, oksanazarova-77@mail.ru

CONTRIBUTION

Irina N. Shumkova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Tat'yana S. Linkova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Dmitrii N. Zemskii consultation during the study

Oksana V. Khabibrakhmanova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.1.2018

ACCEPTED 4.2.2018

Теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего

Дмитрий А. Сумской¹ pr9nik2011@yandex.ru

¹ Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, 308012, Россия
Реферат. В статье приведены результаты исследований по получению теплоизоляционного раствора, полученного измельчением. Синтезированы вяжущие композиции при различных соотношениях цемента и отходов производства перлитового песка в вихревой струйной мельнице при различных режимах измельчения. Изучены особенности процессов измельчения и определены технологические и физико-механические свойства полученных вяжущих композиций. Методом электронной микроскопии исследована микроструктура цементных камней, полученных из активированного портландцемента и вяжущих композиций в вихревой струйной мельнице. Установлено, что открытые поры цементно-вяжущих композиций, приготовленных с использованием перлитовых наполнителей, заполнены новообразованиями и зерна перлита имеют пластинчато-призматическую форму, что отчетливо видно на микрофотографиях. Микроструктура вяжущих композиций имеет плотную структуру за счет рационально подобранного состава, использования эффективного минерального наполнителя, создающего дополнительные подложки для формирования внутренней микроструктуры композита. Проведен сравнительный рентгенофазовый анализ гидратированных бездобавочного цемента и вяжущей композиции и установлено, что по минеральному составу гидратированный цемент и вяжущая композиция идентичны, имея в составе $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CSH, гидроалюминаты Ca и незначительное количество эттрингита, отличительной особенностью дифрактограмм является значительная аморфизация вяжущей композиции. Выявлен диапазон оптимального соотношения цемента и перлита 1:9; 1:11; 1:13. Получен теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего и вспученного перлитового заполнителя (1:11) с плотностью 1200 kg/m^3 и прочностью 2,5 МПа. Модификация раствора добавками суперпластификатора; порообразователя; редиспергируемого дисперсионного порошка позволили получить теплоизоляционный раствор с плотностью 973,11 kg/m^3 . Оптимизация этого раствора пенополистирольными микросферами позволила получить плотность композита 240-260 kg/m^3 при прочности на сжатие 1,05-1,15 МПа. Разработанные теплоизоляционные составы обладают пониженной плотностью и достаточной прочностью, что является основанием рекомендовать их для использования при производстве строительных работ.

Ключевые слова: вяжущие композиции, вихревая струйная мельница, отходы производства перлитового песка, гранулометрический состав, физико-механические показатели, рентгенофазовый анализ, теплоизоляционный раствор.

Heat-insulating mortar based on composite binder

Dmitrii A. Sumskoii¹ pr9nik2011@yandex.ru

¹ Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Kostyukov str, 46, Belgorod, 308012, Russia

Summary. The article presents the results of studies on obtaining a heat-insulating solution obtained by grinding. The binding compositions were synthesized at various ratios of cement and waste products of perlite sand in a jet mill under different grinding regimes. The features of grinding processes have been studied and technological and physicomaterial properties of the resulting binding compositions have been determined. The microstructure of cement stones obtained from activated Portland cement and binding compositions in a jet mill was studied by electron microscopy. It is established that open pores of cement-binding compositions prepared using perlite fillers are filled with neoplasms and perlite grains have a plate-prismatic shape, which is clearly seen in micrographs. The microstructure of binding compositions has a dense structure due to a rationally selected composition, the use of an effective mineral filler, which creates additional substrates to form the internal microstructure of the composite. A comparative X-ray diffraction analysis of hydrated plain cement and binding composition was carried out and it was established that hydrated cement and binding composition are identical in mineral composition, having Ca hydroaluminates, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CSH, and low amounts of ettringite. A distinctive feature of the diffractograms is the significant amorphization of the binding composition. The range of the optimal ratio of cement to perlite was found to be 1:9; 1:11; 1:13. A heat-insulating solution based on composite binder and expanded perlite aggregate (1:11) with a density of 1200 kg/m^3 and a strength of 2.5 MPa was obtained. Modification of the solution by additives of superplasticizer; blowing agent; redispersible dispersion powder, it was possible to obtain a heat-insulating solution with a density of 973.11 kg/m^3 . Optimization of this solution with expanded polystyrene microspheres made it possible to obtain a density of the composite of 240-260 kg/m^3 at a compressive strength of 1.05-1.15 MPa. The developed heat-insulating compounds have a reduced density and sufficient strength, which is the reason to recommend them for use in the manufacture of construction works.

Keywords: binding compositions, jet mill, wastes of perlite sand production, granulometric composition, physical and mechanical properties, X-ray phase analysis, heat-insulating solution

Введение

В России принят закон об энергоэффективности, согласно которому к 2020 г. необходимо выйти на высокий уровень энергосбережения. Введение более жестких требований привело к пересмотру принципов проектирования в строительстве. При проектировании энергоэффективного дома необходимо предотвратить потери тепла через ограждающие конструкции, и лишь потом оптимизировать инженерные

системы здания и внедрение альтернативных источников энергообеспечения. Теплоизоляционные материалы, чьей главной характеристикой является теплопроводность, оказывают решающую роль в обеспечении оптимальных условий микроклимата помещения.

Материалы и методы

В связи с высокой востребованностью теплоизоляционных растворов на строительном

Для цитирования

Сумской Д.А. Теплоизоляционный раствор на основе композиционного вяжущего // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 283–289. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-283-289

For citation

Sumskoii D.A. Heat-insulating mortar based on composite binder. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 283–289. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-283-289

рынке ставилась задача создания теплоизоляционных растворов с улучшенными теплозащитными характеристиками.

При создании эффективного теплоизоляционного раствора нами проведена многократная оптимизация на всех стадиях его создания, а именно, на стадии получения композиционных вяжущих, приготовленных на основе портландцемента и минерального наполнителя, на стадии введения функциональных добавок, заполнителя – вспученного перлитового песка и на стадии введения пенополистирольных микросфер. Для снижения плотности теплоизоляционных растворов необходимо создать эффективное композиционное вяжущее [1–5]. Для выбора оптимального состава, вяжущего на начальном этапе исследований были исследованы составы вяжущих композиций с различным процентным соотношением, с различными проходами (один, два и три раза) через вихревую струйную мельницу. В качестве исходных компонентов использовали вспученный перлитовый песок М75 производства ОАО «Осколснаб» (г. Старый Оскол), соответствующий ГОСТ 10821–91 «Песок и щебень перлитовые вспученные» и отходы его производства, портландцемент производства ЗАО «Белгородский цемент» ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108–2003 «Цементы общестроительные. Технические условия». Товарный цемент принимался в качестве сравнения с вяжущей композицией с содержанием отходов перлитового производства в количестве 5; 7,5; 10% по массе дозированных компонентов. Для вяжущих композиций и портландцементов были определены физико-механические показатели, нормальная густота, сроки схватывания, проведен гранулометрический анализ на приборе Analysette 22 NanoTec plus и изучена микроструктура на сканирующем электронном микроскопе TESCAN MIRA 3 LMU. Лучшие составы по прочности при сжатии были получены при дозировке отходов производства вспученного перлитового песка в количестве 5%, 55,6 МПа – при одном проходе через вихревую струйную мельницу; 52,0 МПа – при трех проходах через вихревую струйную мельницу; при соотношении портландцемент / отходы производства вспученного перлитового песка = 90 / 10% – 53,3 МПа. Исходя из соображений экономии электроэнергии для проведения дальнейших исследований примем состав 95/5% (один проход).

Результаты и обсуждение

При анализе вяжущих композиций для составов с 5% содержанием добавки вспученного перлитового песка удельная поверхность при одном проходе через вихревую струйную мельницу увеличивается с 7636 см²/см³

на 55,5%, что составляет 11874 см²/см³, при втором проходе – 18998 см²/см³ на 148,8%; для трех проходов – 20206 см²/см³ на 164,6% (рисунки 1–4). Приведенные выше результаты помола в вихревой струйной мельнице свидетельствуют об эффективности технологического приема.

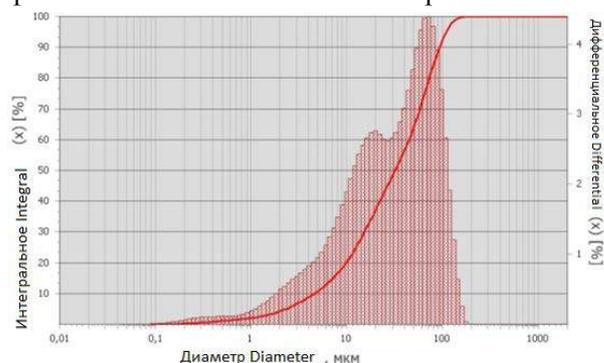


Рисунок 1. Распределение частиц вяжущей композиции BK1.0 с соотношением цемент / перлитовый песок = 95/5% по размерам

Figure 1. Distribution of particles of astringent composition BK1.1 with the ratio cement / perlite sand = 95/5% in size

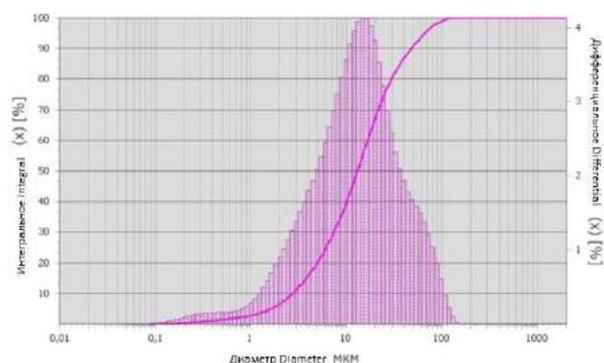


Рисунок 2. Распределение частиц вяжущей композиции BK1.1 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 1 проход

Figure 2. Distribution of the particles of the cementitious composition BK1.1 with the ratio cement/perlite sand = 95 / 5% in size passed through a jet mill in 1 pass

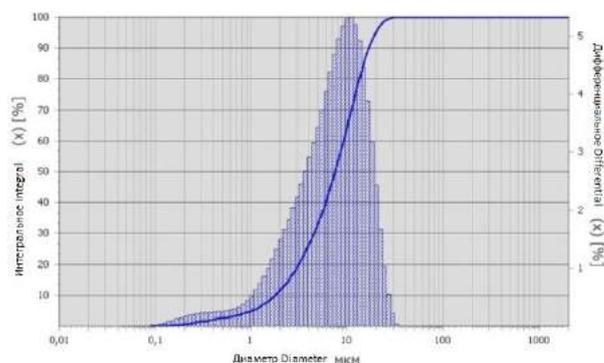


Рисунок 3. Распределение частиц вяжущей композиции BK1.2 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 2 прохода

Figure 3. Distribution of particles of the cementitious composition BK1.1 with the ratio cement/perlite sand = 95 / 5% in size passed through a jet mill in 2 passes

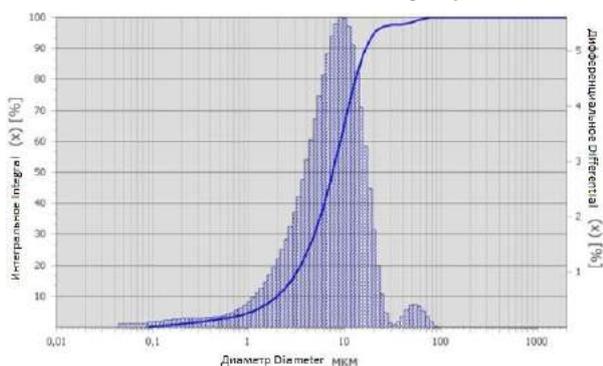


Рисунок 4. Распределение частиц вяжущей композиции ВК1.3 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 3 прохода

Figure 4. Distribution of the particles of the cementitious composition BK1.1 with the ratio cement/perlite sand = 95 /5% in size passed through a jet mill in 3 passes

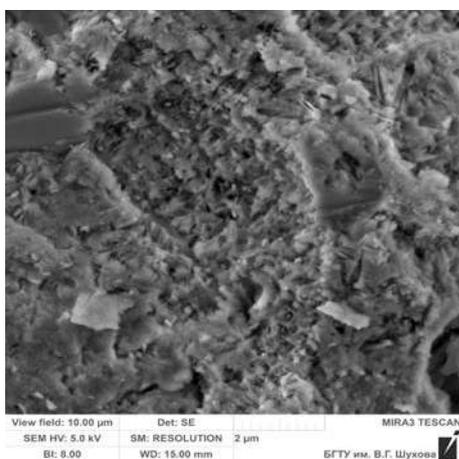


Рисунок 5. Микроструктура вяжущей композиции ВК1.1 с соотношением цемент/перлитовый песок = 95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 1 проход

Figure 5. Microstructure of cementitious composition BK1.1 with the cement/perlitic sand ratio = 95 /5% in size passed through a jet mill in 1 pass

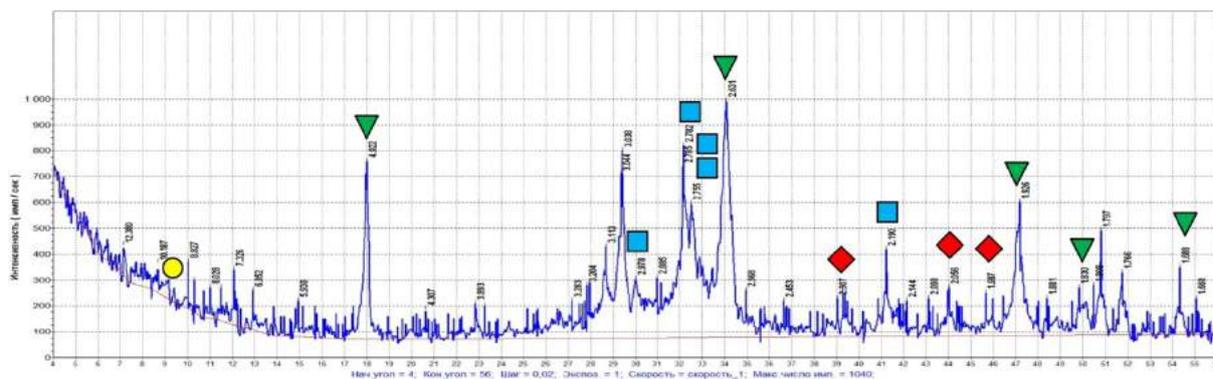


Рисунок 6. Рентгенограмма портландцемента (не активированного) ▽ – Ca(OH)₂ (d = 4,928; 2,633; 1,933; 1,801 Å); ■ – CSH (d = 3,053; 2,793; 2,206 Å); ♦ – гидроалюминаты Ca (d = 2,281; 2,053; 1,979 Å); ● – этtringит (d = 9,825; 9,771 Å)

Figure 6. Radiography of portland cement (not activated)

Установлены особенности измельчения вяжущих композиций в вихревой струйной установке (рисунок 5). При помоле формируется высокодисперсная объемная структура, формируются зерна наполнителя в виде пластинчато-призматическую форм зерен, которая обеспечивает затвердевшему композиту требуемые свойства – низкую плотность при достаточной прочности. Микроструктуру гидратированных портланд-цементов и вяжущих композиций исследовали в 28-ми суточном возрасте.

Проведение сравнительного рентгенофазового анализа гидратированных бездобавочного цемента и вяжущей композиции ВК1.1 с соотношением цемент/перлитовый песок =95/5% по размерам пропущенной через вихревую струйную мельницу в 1 проход следует отметить, что по минеральному составу гидратированный цемент и вяжущая композиция идентичны и содержат в своем составе Ca(OH)₂, CSH, гидроалюминаты Ca и незначительное количество этtringита. Отличительной особенностью дифрактограмм является значительная аморфизация вяжущей композиции, что объясняется содержанием высокодисперсной перлитовой составляющей (рисунки 6, 7).

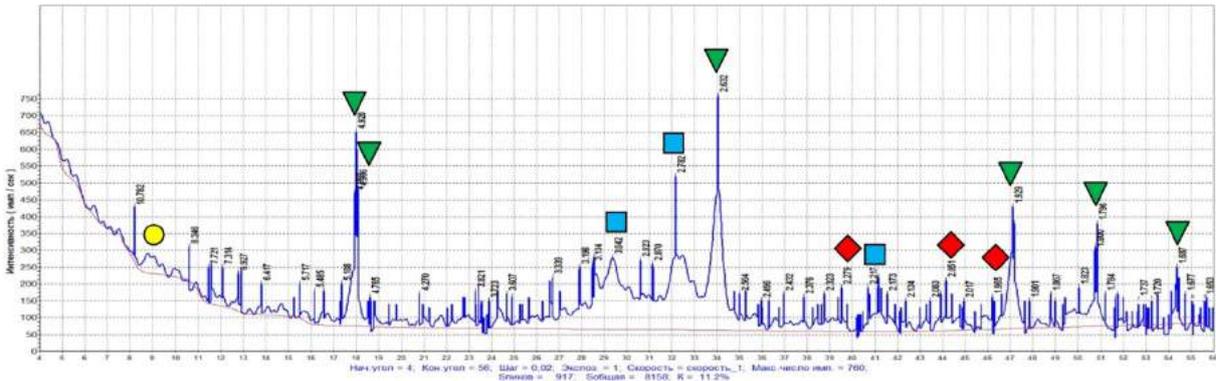


Рисунок 7. Рентгенограмма вяжущей композиции ВК1.1 состава цемент/перлитовый песок =95/5%(1 проход через вихревую струйную мельницу) \blacktriangledown – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ($d=4,928; 2,633; 1,933; 1,801 \text{ \AA}$); \blacksquare – CSH ($d=3,053; 2,793; 2,206 \text{ \AA}$); \blacklozenge – гидроалюминаты Ca ($d=2,281; 2,053; 1,979 \text{ \AA}$); \bullet – этtringит ($d=9,825; 9,771 \text{ \AA}$)

Figure 7. X-ray diffraction pattern of cementitious composition BK1.1 composition cement/perlitic sand = 95/5%(1 passage through a jet mill)

На следующем этапе получали композиционное вяжущее путем добавления в вяжущую композицию функциональных добавок по отдельности – суперпластификатора MelmentF10.

На основании ранее проведенных работ [20] выявлен диапазон оптимального соотношения цемента и перлита 1:9; 1:11; 1:13. Нашими исследованиями установлено, что этот диапазон подтверждается и определено, что наиболее рациональным составом является разработанный теплоизоляционный раствор состава композиционное вяжущее: вспученный перлитовый наполнитель 1:11 имеющий плотность 1200 кг/м³ (при прочности 2,5 МПа).

Оптимизация технологического процесса производства любой продукции содержит важный этап – определение математической модели – уравнения связи выходного показателя качества изделия с параметрами этого изделия или технологического процесса (входными факторами).

Оптимизационные задачи заключаются в нахождении такого сочетания факторов, которое обеспечивает максимальное (минимальное) значение выходного параметра.

Для дальнейшей оптимизации использовались следующие модифицирующие добавки: суперпластификатор MELMENT F 10; порообразователь и смачиватель для строительных материалов ASCO 93; редиспергируемый дисперсионный порошок VINNAPAS LL 4042 Н. Модифицирующие добавки вводились в композиционное вяжущее в дозировке, рекомендуемой производителем с определенным интервалом варьирования с последующим введением вспученного перлитового песка с соотношением 1:11.

На рисунке 8 приведены номограммы зависимости средней плотности теплоизоляционного раствора от концентрации суперпластификатора Melment 10, порообразователя ASCO 93, редиспергируемого порошка Vinnapas 4042 Н.

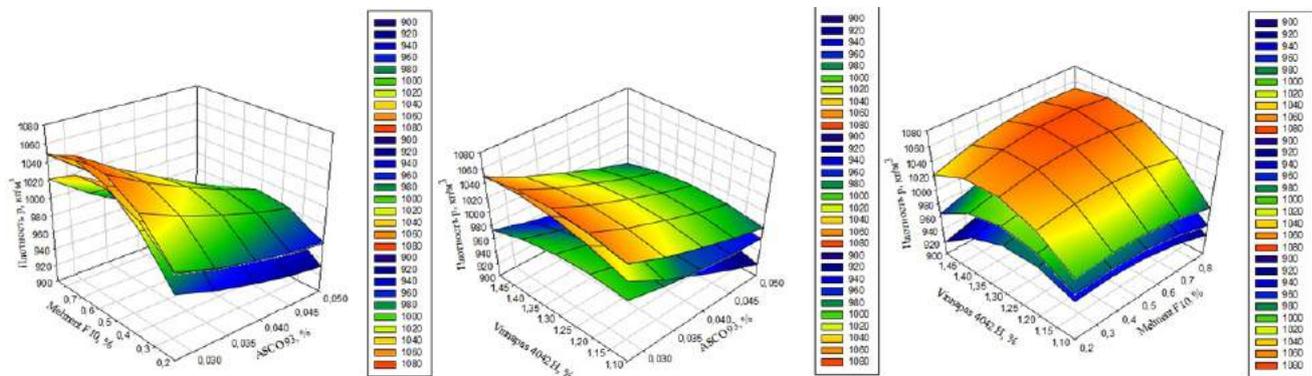


Рисунок 8. Номограммы зависимости средней плотности теплоизоляционного раствора от концентрации суперпластификатора Melment F10, порообразователя ASCO 93, редиспергируемого порошка Vinnapas 4042 Н

Figure8. Nomograms of the dependence of the average density of thermal insulation solution on the concentration of the Melment F10 superplasticizer, the ASCO 93 porogen, the redispersible powder Vinnapas 4042 Н

Зависимость плотности от исследуемых факторов имеет следующий вид (1).

Оптимальное расчетное значение плотности теплоизоляционного раствора составляет

$$y = 1017 - 36,2x_1 + 8,9x_2 - 0,3x_3 + 5,8552x_{12} - 36,645x_{22} - 12,64x_{32} - 17x_1x_2 - 2x_1x_3 + 12,5x_2x_3. \quad (1)$$

$$\text{где } x_1 = \frac{\text{ASCO} - 0,03875}{0,011}; \quad x_2 = \frac{\text{Melment} - 0,525}{0,325}; \quad x_3 = \frac{\text{Vinnapas} - 1,3}{0,2}$$

$$\text{ASCO} = x_1 \cdot 0,011 + 0,03875 = 1 \cdot 0,011 + 0,03875 \approx 0,05\% \quad (2)$$

$$\text{Melment} = x_2 \cdot 0,325 + 0,525 = (-0,49) \cdot 0,325 + 0,525 \approx 0,37\% \quad (3)$$

$$\text{Vinnapas} = x_3 \cdot 0,2 + 1,3 = (-0,44) \cdot 0,2 + 1,3 \approx 1,21\% \quad (4)$$

На заключительном этапе в оптимизированный теплоизоляционный состав вводят пенополистирольные микросферы производства ООО Завод «Теплоизосервис». Сферы представляют собой экологически чистые белые шарики диаметром от 3 до 5 мм и имеют характеристики: насыпная плотность 13–14 кг/м³; теплопроводность в сухом состоянии при (25 ± 5) °С не более 0,047 Вт/м · К; прочность на сжатие при 10%-ной линейной деформации не менее 0,015 МПа; остаточная деформация после 10% обжатия – 0–4%.

В работе использовали пенополистирольные микросферы различного диаметра и дозировки с целью установления оптимального состава теплоизоляционного раствора. Установлено, что наилучшие показатели прочности и теплопроводности растворов были получены при использовании пенополистирольных микросфер размером до 3 мм. Определяя физико-механические характеристики серии образцов оптимизированного теплоизоляционного раствора

973,11 кг/м³, при концентрации функциональных добавок, приведенных в уравнениях(2), (3), (4).

пенополистирольными микросферами, установлено, что наилучшие составы имеют плотность 240–260 кг/м³ при прочности при сжатии 1,05–1,15 МПа. Разработанные теплоизоляционные составы обладают пониженной плотностью и достаточной прочностью, что является основанием рекомендовать их для использования при производстве строительных работ.

Заключение

В результате исследований получен теплоизоляционный раствор пониженной плотности с высокими теплотехническими и эксплуатационными характеристиками. Применение предлагаемого теплоизоляционного раствора пониженной плотности позволит уменьшить толщину наружной теплоизоляции стен зданий и сооружений, следовательно, повысить энергоэффективность строительных конструкций, а также обеспечить повышение трещиностойкости и долговечности, существенно снизить материальные затраты при строительстве и эксплуатации зданий.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Яковлев Е.А., Шейченко М.С. К проблеме повышения эффективности композиционных вяжущих // Вестник БГТУ им. Шухова. 2009. № 1. С. 30 – 33.

2 Лесовик В.С., Алфимова Н.И., Вишневецкая Я.Ю. Высокоэффективные композиционные вяжущие с использованием наномодификатора // Вестник центрального регионального отделения Российской академии архитектуры и строительных наук. 2010. С. 90.

3 Zagorodnyk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A. et al. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structure in Construction Materials // World Applied Sciences Journal. 2013. V. 24. № 11. P. 1496–1502.

4 Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Чулкова И.Л. Закон сродства структур в материаловедении // Фундаментальные исследования. 2014. № 3. Ч. 2. С. 267–271.

5 Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Беликов Д.А., Щекина А.Ю. и др. Эффективные сухие смеси для ремонтных и восстановительных работ // Строительные материалы. 2014. № 7. С. 82–85.

6 Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Шамширов А.В., Беликов Д.А. Композиционные вяжущие на основе органо-минерального модификатора для сухих ремонтных смесей // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова. 2014. № 5. С. 25–31.

7 Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Беликов Д.А. К проблеме проектирования сухих ремонтных смесей с учетом сродства структур // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. №18. С. 112–119.

8 Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С., Гайнутдинов Р. Специфика твердения строительных растворов на основе сухих смесей // Вестник Центрального регионального отделения РААСН. 2014. С. 93–98.

9 Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Tolmacheva M.M., Smolnikov A.A. et al. Structure-formation of contact layers of composite materials // Life Science Journal. 2014. V. 11. № 12. P. 948–953.

10 Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin // Research Journal of Applied Sciences. 2014. № 9. P. 816–819.

11 Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A. et al. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works. Research journal of applied sciences. 2014. V. 9. № 12. P. 1100–1105.

12 Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. et al. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers // Research journal of applied sciences. 2015. V. 10. № 12. P. 931–936

13 Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. et al. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties // International Journal of Applied Engineering Research. 2015. V. 10. № 19. P. 40617–40622.

14 Шейченко М.С., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Композиционные вяжущие с использованием высокомагнезиальных отходов Ковдорского месторождения // Вестник БГТУ им. Шухова. 2011. № 1. С. 64 – 68.

15 Ильинская Г.Г., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Коломацкий А.С. и др. Применение отходов КМА при производства сухих строительных смесей // Вестник БГТУ им. Шухова. 2012. № 4. С. 15 – 19.

16 Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. и др. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова: материалы Междунар. Науч.-практ. Конф. 2012. № 4. С. 53–57.

17 Вишневецкая Я.Ю., Лесовик В.С., Алфимова Н.И. Энергоемкость процессов синтеза композиционных вяжущих в зависимости от генезиса кремнеземсодержащего компонента // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 3. С. 53–56.

18 Лесовик В.С., Володченко А.А. Влияние состава сырья на свойства безавтоклавных силикатных материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 10–15.

19 Загороднюк Л.Х., Лесовик В.С. Повышение эффективности производства сухих строительных смесей: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2014. 548 с.

20 Шкарин А.В., Загороднюк Л.Х., Щекина А.Ю., Лугинина И.Г. Получение композиционных вяжущих в различных помольных агрегатах // БГТУ им. В.Г.Шухова: материалы Междунар. Науч.-практ. конф. 2012. № 9. С. 89–92.

REFERENCES

1 Lesovik V.S., Alfimova N.I., Yakovlev E.A., Sheichenko M.S. To the problem of increasing the efficiency of composite binders. Vestnik BGTU [Proceedings of BSTU] 2009. no. 1. pp. 30 – 33. (in Russian)

2 Lesovik V.S., Alfimova N.I., Vishnevskaya Ya.Yu. Highly effective composite astringents using nanomodifier. Vestnik of the Central Regional Branch of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. [Vestnik TsRO RAASN] 2010. pp. 90. (in Russian)

3 Zagorodnjuk L.H., Lesovik V.S., Shkarin A.V., Belikov D.A. et al. Creating Effective Insulation Solutions, Taking into Account the Law of Affinity Structures in

Construction Materials. World Applied Sciences Journal. 2013. vol. 24. no. 11. pp. 1496–1502.

4 Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Chulkova I.L. Law of the affinity of structures in materials science. Fundamental'nye isledovaniya [Fundamental research] 2014. no. 3. part. 2. pp. 267–271. (in Russian)

5 Lesovik V.S. Effective dry mixes for repair and restoration works / V.S.Lesovik, L.H.Zagorodnjuk L.H., D.A. Belikov, A.Yu. Shchekina, A.A.Kuprina // Building Materials. –2014. – № 7. – P. 82–85. (in Russian)

6 Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Shamshurov A.V., Belikov D.A. et al. Composite binders based on an organo-mineral modifier for dry repair mixtures. Vestnik BGTU [Bulletin of BSTU V.G.Shukhov] 2014. no. 5. pp. 25–31. (in Russian)

7 Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Belikov D.A. To the problem of design of dry repair mixes taking into account the affinity of structures. Vestnik TsRO RASAN [Bulletin of the Central Regional Branch of RAASN] 2014. no. 18. pp. 112–119. (in Russian)

8 Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S., Gainutdinov R. Features of hardening mortars on the basis of dry mixtures. Vestnik TsRO RASAN [Bulletin of the Central Regional Branch of RAASN] 2014. pp. 93–98. (in Russian)

9 Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Tolmacheva M.M., Smolikov A.A. et al. Structure-formation of contact layers of composite materials. Life Science Journal. 2014. vol. 11. no. 12. pp. 948–953.

10 Kuprina A.A., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Elistratkin M.Y. Anisotropy of Materials Properties of Natural and Man-Triggered Origin. Research Journal of Applied Sciences. 2014. no. 9. pp. 816–819.

11 Lesovik V.S., Chulkova I.L., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.A. et al. The Role of the Law of Affinity Structures in the Construction Material Science by Performance of the Restoration Works. Research journal of applied sciences. 2014. vol. 9. no. 12. pp. 1100–1105.

12 Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. et al. The control of building composite structure formation through the use of multifunctional modifiers. Research journal of applied sciences. 2015. vol. 10. no. 12. pp. 931–936

13 Volodchenko A.A., Lesovik V.S., Zagorodnjuk L.H., Volodchenko A.N. et al. Influence Of The Inorganic Modifier Structure On Structural Composite Properties. International Journal of Applied Engineering Research. 2015. vol. 10. no. 19. pp. 40617–40622.

14 Sheichenko M.S., Lesovik V.S., Alfimova N.I. Composite binders using high-magnesian wastes of the Kovdor deposit. Vestnik BGTU [BSTU bulletin] 2011. no. 1. pp. 64. (in Russian)

15 Ilinskaya G.G., Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.H., Kolomatsky A.C. et al. Application of waste KMA in the production of dry construction mixtures. Vestnik BGTU [BSTU bulletin] 2012. no. 4. pp. 15 – 19. (in Russian)

16 Shkarin A.V., Zagorodnyuk L.Kh., Schekina A. Yu., Lugina I.G. Preparation of composite binder in various grinding aggregates. Vestnik BGTU [BSTU bulletin] 2012. no. 4. pp. 53–57. (in Russian)

17 Vishnevskaya Ya.Yu., Lesovik V.S., Al-fimova N.I. Energy intensity of the synthesis of compo-site astringents depending on the genesis of the silica-containing component. *Vestnik BGTU* [BSTU bulletin]. 2011. no 3. pp. 53–56. (in Russian)

18 Lesovik V.S., Volodchenko A.A. Effect of the composition of raw materials on the properties of non-autoclaved silicate materials. *Vestnik BGTU* [BSTU bulletin] 2013. no. 1. pp. 10–15. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Дмитрий А. Сумской аспирант, кафедра строительного материаловедения, изделий и конструкций, Белгородский государственный технологический имени В.Г. Шухова, ул. Костюкова, 46, г. Белгород, 308012, Россия, pr9nik2011@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Дмитрий А. Сумской написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 15.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 25.04.2018

19 Zagorodnyuk L.H., Lesovik V.S. Increase of production efficiency of dry construction mixtures: monograph. *Vestnik BGTU* [BSTU bulletin] 2014. 548 p. (in Russian)

20 Shkarin A.V., Zagorodnyuk L.H., Schekina A.Yu., Luginina I.G. Preparation of composite binder in various grinding aggregates. *Vestnik BGTU* [BSTU bulletin] 2012. no. 9. pp. 89–92. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Dmitrii A. Sumskoï graduate student, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing department of building materials science, products and structures, Belgo-rod state technological university named after V.G.Shu-khov, 46 Kostyukov str., 308012, Belgorod, Russia, pr9nik2011@yandex.ru

CONTRIBUTION

Dmitrii A. Sumskoï wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The author declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.15.2018

ACCEPTED 4.25.2018

Производство и применение в промышленных условиях невзрывных разрушающих смесей

Александр С. Флягин¹ flyagingdr@mail.ru
Валерий А. Ворсин¹ Место для ввода текста.
Владислав М. Уфимцев¹ Место для ввода текста.

¹ Институт горного дела УрО РАН, ул. Мамина-Сибиряка, 58, г. Екатеринбург, 620219, Россия

Реферат. В современных городских условиях плотной застройки, а также при производстве специальных работ в горной промышленности требуются новые качественные материалы для невзрывного разрушения зданий, сооружений и горных пород. Таким материалом являются невзрывные расширяющиеся смеси (НРС). НРС используются в тех случаях, когда разрушение горных пород взрывом недопустимо в силу опасных последствий, связанных с нарушением устойчивости породного массива и негативными сейсмическими проявлениями взрыва. Невзрывные расширяющиеся смеси получили распространение при ведении горных и строительных работ во многих странах: США, Японии, Канаде, Чехии и др. Их используют при добыче каменных блоков, разделке негабарита, разрушении бетонных конструкций и пр. Специалистами академического университета, научного института и представителя промышленности был разработан продукт не уступающий, а даже превосходящий отечественные и зарубежные аналоги. Максимальное развиваемое давление на стенки шпура достигает 187,5 МПа. На сегодняшний день на Российском рынке представлен дешёвый, но более низкий по качеству НРС произведённый в Китае. Отечественная разработка напрямую удовлетворяет всем условиям Постановления правительства РФ об импортозамещении. В статье описаны основные типы НРС, принципиальные отличия от аналогов в способе производства (обжига). Рассмотрен механизм воздействия на горный массив. Указаны основные преимущества данного материала. Область применения составов очень обширна это строительные работы в стеснённых условиях (т.е. вблизи зданий и сооружений, транспортных магистралей, промышленных коммуникаций, населённых пунктов, в действующих цехах, и т.д.), добыча штучного камня, дробление массива (подбурки, негабарит и др.), бережное извлечение кристаллосырья, работы по демонтажу строительных конструкций и др. Целесообразно применение данных составов в тех местах где невозможно применение ВВ.

Ключевые слова: невзрывные расширяющиеся смеси (НРС), агломерационный обжиг, горные породы, патронированный НРС, нерудные строительные материалы

Production and application in industrial conditions of non-explosive destructive mixtures

Aleksandr S. Flyagin¹ flyagingdr@mail.ru
Valery A. Vorsin¹ Место для ввода текста.
Vladislav M. Ufimtsev¹ Место для ввода текста.

¹ Institute of mining, Ural branch of RAS, Mamina-Sibiryak str., 58, Ekaterinburg, 620219, Russia

Summary. In modern urban conditions of dense construction, as well as in the production of special works in the mining industry, new quality materials for non-explosive destruction of buildings, structures and rocks are required. Such material is non-explosive expanding mixtures (LDCs). LDCs are used in cases when the destruction of rocks by explosion unacceptable due to the dangerous consequences associated with the violation of stability of rock massif and negative seismic manifestations of the explosion. Non-explosive expanding mixtures are widespread in mining and construction works in many countries: the USA, Japan, Canada, the Czech Republic and others. They are used in the extraction of stone blocks, cutting of oversized, destruction of concrete structures, etc. Specialists of the academic University, research Institute and industry representative developed a product that is not inferior, and even superior to domestic and foreign analogues. The maximum developed pressure on the walls of the hole reaches 187.5 MPa. To date, the Russian market is represented by cheap, but lower in quality LDCs produced in China. Domestic development directly meets all the conditions of the Russian government Decree on import substitution. The article describes the main types of LDCs, the fundamental differences from analogues in the mode of production (firing). The mechanism of impact on the mountain range is considered. The main advantages of this material are indicated. The scope of the compositions is very extensive is the construction work in cramped conditions (ie. near buildings and structures, highways, industrial communications, settlements, in existing shops, etc.), mining of piece stone, crushing array (burrs, oversized, etc.), careful extraction of crystalline materials, work on dismantling of building structures, etc. it is Advisable to use these compounds in those places where it is not possible to use explosives.

Keywords: non-explosive expanding mixtures (LDCs), sintering, rocks, patronized LDCs, non-metallic building materials

В современных реалиях при производстве Нерудных Строительных Материалов (НСМ) существует проблема добычи, составляющая 44% затрат горного цеха (вскрыша, буровзрывные работы и экскавация), и по горнопроходческим работам, составляющая до 67% затрат (горно-капитальные, горно-подготовительные, геологоразведочные, эксплуатационно-разведочные) при добыче полудрагоценных, драгоценных руд [1].

Для цитирования

Флягин А.С., Ворсин В.А., Уфимцев В.М. Производство и применение в промышленных условиях невзрывных разрушающих смесей // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 290–296. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-290-296

Для снижения затрат при выемке из массива и сохранения целостности штучных блоков облицовочных горных пород на камнедобывающих предприятиях, вторичном дроблении негабарита и разрушении строительных объектов в стеснённых условиях с 1979 года начался выпуск невзрывных разрушающих смесей компаниями ОнодаСимент Ко ЛТД («Бристар», Япония), СумитомоСимент Ко ЛТД («С-Майт», Япония), Ниппон Симент Ко («Хемибрейкер», Япония),

For citation

Flyagin A. S., Vorsin V. A., Ufimtsev V. M. Production and application in industrial conditions of non-explosive destructive mixtures. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 290–296. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-290-296

Нефина ЛТД («Тер-Мит», Финляндия-Нидерланды) и расширяющегося цемента «Минерал Кеми АГ» (Швейцария). Однако композиции представленных фирм имеют достаточно высокую стоимость [2, 3].

Основопологающей задачей для горнодобывающей и строительной отраслей является сокращение затрат на буровзрывные работы и повышение безопасности труда при использовании невзрывных расширяющихся смесей (НРС).

Известны два типа НРС, отличающихся по химической природе расширяющей основы смеси: сульфатные на основе сульфатоалюминатов кальция и известковые. Последние отличаются кратким сроком проявления расширения, весьма доступной и дешевой сырьевой базой в виде известняковых отсеков от производства строительной и металлургической извести и потому заслуживают предпочтения.

НРС выпускается в виде порошков серого цвета тонкого помола, образующий при гидратации твёрдые соединения гидроксида кальция, объем которого, как минимум, вдвое превышает объем исходной твердой фазы оксида кальция (рисунок 1).



Рисунок 1. Невзрывная расширяющаяся смесь

Figure 1. Non-explosive expanding mix

Оксид кальция, или известь, отличается уникальным по величине энергетическим

потенциалом гидратации – около 1170 кДж на кг. Кроме того, этот процесс сопровождается самодиспергацией кусков извести в порошок, что исключает возможность получения на основе обычной извести достаточно прочных продуктов реакции, способных совершать работу по разрушению, т. к. образующая дисперсия, известная у строителей как известь-пушонка, при достижении определённого давления в скважине «фонтанирует» наружу.

Принципиальное отличие гидратации НРС от гашения строительной извести в «пушонку» состоит в многократном замедлении гидратации СаО, что достигается повышенной температурой обжига и введением в обжигаемый известняк стабилизирующих присадок, например, щелочей. При этом оксид кальция образует кристаллы размером до 1000 мкм, неспособные к быстрой гидратации, что обеспечивает постепенное уплотнение ее продуктов внутри скважины и, конечном счете, реализацию разрушающего потенциала известкового НРС.

Выше упомянутые, зарубежные, в том числе и отечественные производители НРС для его получения используют вращающиеся печи, уровень температуры обжига в которых лимитируется возможностями огнеупорной футеровки барабана печи – не выше 1400 °С. В отличие от них на кафедре ТВМиСИИММт для получения НРС использован агломерационный обжиг¹ с уровнем температур свыше 1600 С, что гарантирует высокий уровень термической стабилизации извести (рисунок 2). С повышением температуры и увеличением длительного обжига объем пор в извести снижается, а плотность увеличивается, что связано с увеличением размеров кристаллов оксида кальция и их срастанием между собой в крупные агрегаты [4], что даёт высокое квазистатическое давление (рисунок 3).

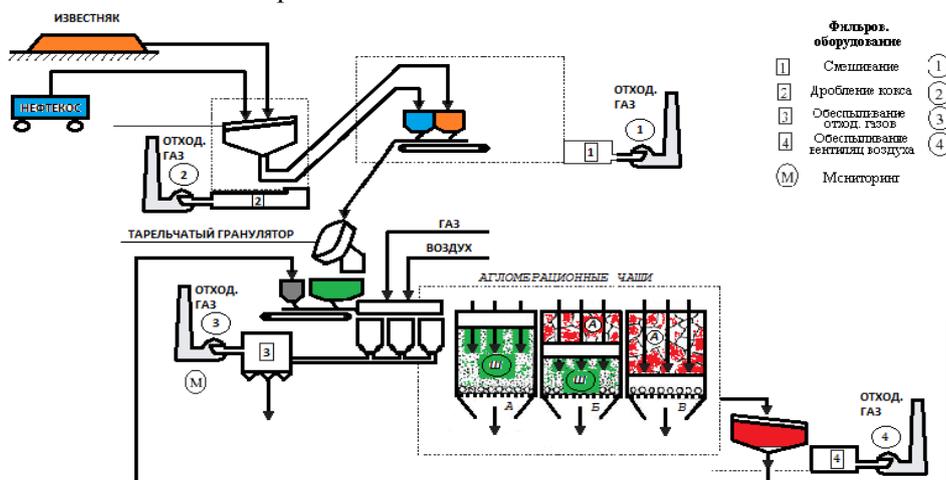


Рисунок 2. Технологическая схема получения агломерационного НРС на аглочашах

Figure 2. The flowchart of the sintering LDCs on alocasia

¹Агломерационный обжиг (АО) – термический процесс, осуществляемый в плотном зернистом слое материала, содержащем твердое

топливо, посредством просасывания сквозь зернистый слой воздуха согласно гравитации. т.е. сверху вниз.



Рисунок 3. Агломерационный НРС после высокотемпературной обработки

Figure 3. Agglomeration LDCs after high-temperature processing

Также нами произведена классификация агломерационного НРС по квазистатическому давлению на стенки шпура по сортам: до 50 МПа – I сорт, до 100 МПа – II сорт, до 150 МПа – III сорт и выше 150 МПа – E сорт. Применение того или иного сорта зависит от шкалы коэффициента крепости горной породы (шкала Протодяконова): III сорт – для категории IV (довольно крепкие), II сорт – для категории III (крепкие), I сорт – для категории II (очень крепкие) и E сорт – для категории I (в высшей степени крепкие). Все наши выводы были подтверждены опытно-промышленными работами на действующих карьерах и шахтах.

Коллективом авторов разработан продукт – невзрывчатые расширяющиеся смеси «Kraken» (далее НРС «Kraken»), которые позволяют без особых усилий и дополнительных лицензий и допусков (без шума и вредных отходящих газов при выполнении работ), и соответственно, без дополнительных капитальных вложений провести ряд трудоёмких работ по разрушению необходимого объекта.

До проявления эффекта разрушения, как правило, достаточно не более 24 часов. Преимуществом НРС по сравнению с другими средствами является отсутствие разлёта осколков, вибраций и шума, а также, микротрещин при расчленении бетонных конструкций и откалывании каменных блоков горных пород. Гарантийный срок хранения не менее года при сохранении герметичности упаковки и хранении в сухом помещении, так как материал очень гигроскопичен.

НРС «Kraken» применяется в таких областях как:

- Горнодобывающая промышленность для разделки негабарита и отделения каменных блоков от массива породы для получения штучного камня (рисунок 4);



Рисунок 4. Блочный камень отделённый от массива с применением НРС

Figure 4. A block of stone separated from the array with the use of LDCs

- Горно-шахтная промышленность для бережного извлечения драгоценных и полудрагоценных минералов из породы без проведения взрывных работ (рисунок 5);



Рисунок 5. Бурение массива горных пород на добыче драгоценных минералов и изумрудная щетка

Figure 5. Drilling of rock mass on extraction of precious minerals and emerald brush

- В строительстве для разрушения каменных материалов, при демонтаже фундаментных плит и блоков, сооружений гражданского и промышленного назначения (рисунок 6);



Рисунок 6. Разрушенный фундамент

Figure 6. Destroyed basement

«Kraken» обеспечивает технически и экономически выгодные решения в:

- в стеснённых условиях, где находящиеся поблизости сооружения должны быть защищены от ударной волны, генерируемой взрывами и разлёта осколков;
- предварительном разрушении горных пород, создании изолированных блоков, которые затем легче разобрать и транспортировать;
- получении блоков из мрамора и гранита, чем традиционный метод резки канатными пилами;
- при дроблении горных пород или цементно-бетонных сооружений, где использование взрывчатых веществ не допустимо [7].

НПС «Kraken» обладает следующими свойствами в зависимости от разрушаемого объекта:

- щелочность 11,5–13 рН
- объемная насыпная плотность 1,3–1,6 т/м³
- водопотребность 26 ÷ 40%
- время видимого эффекта разрушения 2,0 ÷ 72 часа
- развиваемое давление расширения – 25 ÷ 260 МПа
- срок хранения – не более 2-х лет

Также, невзрывчатые расширяющиеся смеси «Kraken» тонкого помола предназначаются для получения безусадочных, расширяющихся, напрягающих цементов, расширяющегося тампонажного материала (РТМ). В виде добавки характеризуется линейным расширением цементного камня тампонажных растворов при цементировании нефтяных и газовых скважин

с температурой до 50 °С. Количество вводимой добавки зависит от линейного расширения цементного камня, минералогического состава цемента, качества используемой воды и т. д. и определяется для каждого конкретного случая лабораторным путём [8].

Сначала проводится подготовка объекта разрушения, и, исходя из ряда характеристик объекта, осуществляется разметка схемы бурения шпуров, далее, на заданную глубину, но не менее 70% высоты или толщины разрушаемого объекта, бурятся шпуры по рассчитанной разметке ручным перфоратором, либо, при больших объёмах, машиной строчного бурения (рисунок 7).



Рисунок 7. Бурение шпуров в негабаритном куске горной породы

Figure 7. Drilling holes in an oversized piece of rock

Рекомендуемый диаметр шпуров 32–50 мм. При большем диаметре идёт перерасход НПС «Kraken». Шпуры перед заливкой смеси должны быть чистыми.

Существует два способа применения:

1. Рабочую смесь образуют в любой удобной ёмкости путём смешивания «Kraken» с водой в определённой пропорции, которой заполняют полость – шпура, в каком-либо объекте (рисунок 8).



Рисунок 8. Готовая суспензия для зарядки шпуров
Figure 8. Suspension prepared for the loading of bore-holes

2. Патронированный НРС «Kraken», который представляет собой жесткие патроны цилиндрической формы по диаметру шпура. Патрон имеет способность впитывать воду, что обеспечивает гидратацию материала и дальнейшую его работу по разрушению объекта. Патроны НРС позволяют выполнить раскол монолитных объектов в любой плоскости за счет возможности их размещения в вертикальных, горизонтальных, наклонных и даже восстающих шпурах. Они высокотехнологичны в применении. Не требуется производить трудоемкие операции взвешивания и размешивания для приготовления рабочей смеси НРС, исключаются любые ее потери и перерасход, что обеспечивает экономическую эффективность использования патронов. Отсутствие пыления порошкообразного НРС и попадания рабочей смеси в окружающую среду определяют экологическую чистоту и безопасность применения, патронированного НРС [5].

В данном случае патроны погружаются в воду в течение минуты, а после загоняются в шпур с помощью досылателя (рисунок 9).

В результате гидратации порошка, смесь начинает твердеть, набирать прочность, увеличиваясь при этом в объеме. Данная реакция сопровождается развитием давления на стенки шпура до 187,5 МПа что подтверждено актом промышленных испытаний, при этом, в объекте развиваются напряжения, превышающие предельную прочность объекта на растяжение, что приводит к разрушению в виде образования сначала

микротрещин и дальнейшего их развития вплоть до раскалывания объекта на отдельные части в течение 24–72 часов (рисунок 10), в зависимости от температуры окружающей среды и структуры материала объекта [6].



Рисунок 9. Патронированный НРС
Figure 9. Patronized LDCs

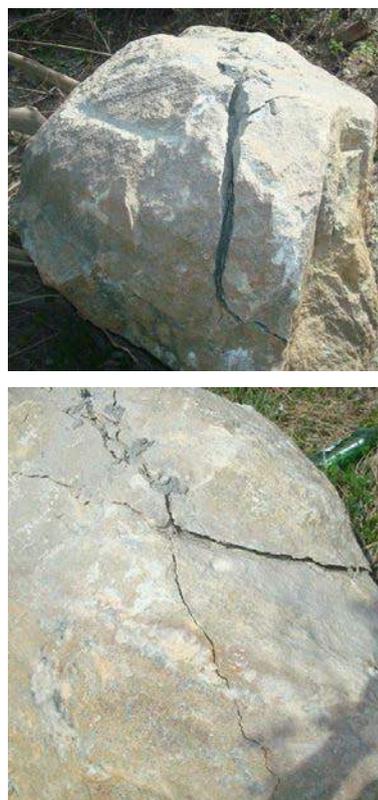


Рисунок 10. Разрушенный негабаритный кусок горной породы

Figure 10. Destroyed oversized piece of rock

Что касается сравнения с аналогами, то на российском рынке существует несколько подобных продуктов, таких как «Максидинамит цемент», «Тихий взрыв», «НРС-1», так же на международном рынке «Bristar», «Ecobust» и несколько других производителей таблица 1, то продукция «Kraken» при конкурентной цене обеспечивает лучшие технические характеристики на разрыв,

имея большее давление на стенки шпура, наш НРС не имеет способности вылетать из шпура при повышенных температурах, и что очень важно удобство использования – НРС в патронах позволяет удобнее и быстрее работать с материалом, что несёт прямые экономические выгоды (таблица 1).

Сравнение с зарубежными аналогами

Таблица 1.

Comparison with foreign analogues

Table 1.

Производитель Manufacturer	Kraken	Bristar	Ecobust	Betonamit
Расширяющее усилие, МПа Expansion force, MPa	187,5	140	138	150
Время для развития максимального усилия, ч Time for the development of maximum effort, h	48	48	48	96
Страна-производитель Manufacturer country	Россия Russia	Италия Italy	Канада Canada	Германия Germany

Область применения составов очень обширна это строительные работы в стеснённых условиях (т. е. вблизи зданий и сооружений, транспортных магистралей, промышленных коммуникаций, населённых пунктов, в действующих цехах, и т. д.), добыча штучного камня, дробление массива (подбурки, негабарит и др.), бережное извлечение кристаллосырья, работы по демонтажу строительных конструкций и др.

Целесообразно применение данных составов в тех местах где не возможно применение ВВ. Данные составы абсолютно безопасны для окружающей среды, так как процесс разрушения не вызывает ударной воздушной волны, не производит сейсмического эффекта, а также не выделяет вредных газообразных продуктов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Данные Федеральной Антимонопольной Службы. URL: <http://fas.gov.ru/>

2 Сахно И.Г. Лабораторные исследования особенностей работы невзрывчатых разрушающих веществ при фиксированном сопротивлении их объёмному расширению // Проблемы гірського тиску. 2010. № 18. С. 135–149.

3 Грановский Ю.Л. Невзрывные разрушающие композиции на основе негашеной извести // Бетон и железобетон. 1988. № 8. С. 14–15.

4 Капустин Ф.Л., Семериков И.С. Химия минеральных вяжущих материалов. Екатеринбург: Ред.-изд. отдел ИПЦ УрФУ, 2013. 123 с.

5 Левинтант Р.Г., Агеев С.Г., Заметта Б.В. Патронированное невзрывчатое разрушающее средство // Строительные материалы. 1991. № 9. С. 16–17.

6 Патент РФ 2251619 Способ получения невзрывного разрушающего средства // Белоногов С.С., Боровков В.Ф., Уфимцев В.М., Берснев Г.П. заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский государственный технический университет-УПИ". 2003.

7 Найданов К.Ц. Разработка шадящих технологий добычи ювелирного и поделочного самоцветного сырья (на примере Восточной Сибири). Автореф. дис. канд. техн. наук. Чита: Читинский гос. ун-т, 2007. 21 с.

8 Патент РФ 2567254 Способ получения невзрывного разрушающегося средства агломерационным обжигом // Уфимцев В.М., Ворсин В.А. заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Уральский государственный технический университет-УПИ" 2015.

REFERENCES

1 Danye FAS [Data of the Federal Antimonopoly Service] Available at: <http://fas.gov.ru/> (in Russian)

2 Sakhno I.G. Laboratory investigations of the features of the work of non-explosive destructive substances with a fixed resistance to their volumetric expansion. *Problemi gir'skogo tisku* [Mountain pressure problems] 2010. no. 18. pp. 135-149. (in Russian)

3 Granovsky Yu.L. Non-explosive destructive compositions based on quicklime. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and reinforced concrete] 1988. no. 8. pp. 14-15. (in Russian)

4 Kapustin F.L., Semerikov I.S. *Khimiya mineral'nykh vyazhushchikh* [Chemistry of mineral knitting materials] Ekaterinburg, CPI UrFU, 2013. 123 p. (in Russian)

5 Levintant R.G., Ageev S.G., Zametta B.V. Patronized non-explosive destructive means. *Stroitel'ny materialy* [Building materials] 1991. no. 9. pp. 16-17. (in Russian)

6 Belonogov S.S., Borovkov V.F., Ufimtsev V.M., Bersnev G.P. Sposob poluchniya nevzryvnogo razrushayushchego [Method of obtaining a non-explosive destroying agent] Patent RF, no. 2251619, 2003. (in Russian)

7 Naidanov K.Ts. Razrabotka shchadyashchikh tekhnologii dobych yuveirnogo samotsvetnogo kamnya [Development of sparing technologies for the extraction of jewelry and ornamental semi-precious raw materials (for example, Eastern Siberia)] Chita, Chita State university, 2007. 21 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Александр С. Флягин м.н.с., лаборатория разрушения горных пород, Институт горного дела УрО РАН, ул. Мамина-Сибиряка, 58, г. Екатеринбург, 620219, Россия, flyagingdr@mail.ru

Валерий А. Ворсин м.н.с., лаборатория разрушения горных пород, Институт горного дела УрО РАН, ул. Мамина-Сибиряка, 58, г. Екатеринбург, 620219, Россия

Владислав М. Уфимцев м.н.с., лаборатория разрушения горных пород, Институт горного дела УрО РАН, ул. Мамина-Сибиряка, 58, г. Екатеринбург, 620219, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Александр С. Флягин написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Валерий А. Ворсин обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Владислав М. Уфимцев консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 13.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.04.2018

8 Ufimtsev V.M., Vorsin V.A. Sposob polucheniya nevzryvnogo razrushchayushchego sredstva [Method of obtaining a non-explosive breaking agent by agglomeration firing] Patent RF, no. 2567254, 2015. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Aleksandr S. Flyagin junior researcher, laboratory of destruction of rocks, Institute of mining, Ural branch of RAS, Mamina-Sibiriyak str., 58, Ekaterinburg, 620219, Russia, flyagingdr@mail.ru

Valery A. Vorsin junior researcher, laboratory of destruction of rocks, Institute of mining, Ural branch of RAS, Mamina-Sibiriyak str., 58, Ekaterinburg, 620219, Russia

Vladislav M. Ufimtsev junior researcher, laboratory of destruction of rocks, Institute of mining, Ural branch of RAS, Mamina-Sibiriyak str., 58, Ekaterinburg, 620219, Russia

CONTRIBUTION

Aleksandr S. Flyagin wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Valery A. Vorsin review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Vladislav M. Ufimtsev consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.13.2018

ACCEPTED 4.19.2018

Комплексно-модифицированные базальтопластики

Юлия А. Кадыкова	¹	kadykova06@yandex.ru
Павел А. Бредихин	¹	pabredihin91@mail.ru
Сергей В. Арзамасцев	¹	bort740@mail.ru
Светлана Г. Калганова	¹	s.kalganova2016@yandex.ru

¹ Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054, Россия

Реферат. Ввиду того, что создание и освоение выпуска новых полимеров практически не происходит, модификация известных материалов, создание наполненных различными веществами полимерных композитов является сегодня одним из приоритетных направлений в создании новых полимерных материалов. В данной работе изучена возможность повышения реакционной способности путем обработки коронным разрядом крупнотоннажного полимера – полиэтилена при наполнении его модифицированным базальтом. Методом полного факторного эксперимента получены уравнения регрессии, анализ которых показал преобладающее влияние силы тока коронного разряда на физико-механические характеристики полимерных композиционных материалов. Градиентным методом выбраны оптимальные соотношения компонентов композиционного материала и сила тока при обработке полиэтилена коронным разрядом. Доказана перспективность и целесообразность получения комплексно-модифицированных базальтопластиков на основе полиэтиленанализного давления обработанного коронным разрядом, так как повышаются все физико-химические и механические свойства полиэтиленовых композитов. Методом инфракрасной спектроскопии показано, что в комплексно-модифицированном базальтопластике практически отсутствуют группы гидроксильные группы, значительно уменьшается интенсивность пиков метилольных групп, и пиков –Si-O-Si-, что свидетельствует о химическом взаимодействии полиэтилена обработанного коронным разрядом и модифицированного базальта.

Ключевые слова: полиэтилен, базальт, наполнение, модификация, коронный разряд, физико-химические и механические характеристики

Complex-modified basalt plastics

Yuliya A. Kadykova	¹	kadykova06@yandex.ru
Pavel A. Bredikhin	¹	pabredihin91@mail.ru
Sergei V. Arzamastsev	¹	bort740@mail.ru
Svetlana G. Kalganova	¹	s.kalganova2016@yandex.ru

¹ Saratov state technical University named after Gagarin Yu. A., Polytechnic street, 77, Saratov, 410054, Russia

Summary. In view of the fact that the creation and development of the production of new polymers practically does not occur, the modification of known materials, the creation of polymer composites filled with various substances is today one of the priority directions in the creation of new polymeric materials. In this paper, the possibility of increasing the reactivity by processing corona discharge of large-capacity polymer-polyethylene when filled with modified basalt. The method of full factorial experiment, regression equations, analysis of which showed a prevailing influence of DC corona discharge on the physico-mechanical characteristics of polymeric composite materials. The optimal ratio of the components of the composite material and the current during the processing of polyethylene corona discharge were chosen by gradient method. The prospects and expediency of obtaining complex-modified basalt plastics on the basis of low-pressure polyethylene treated with corona discharge are proved, since all physical, chemical and mechanical properties of polyethylene composites are increased. The method of infrared spectroscopy shows that in a complex-modified basalt plastic there are practically no groups of hydroxyl groups, the intensity of peaks of methylol groups and peaks –Si-O-Si- is significantly reduced, which indicates the chemical interaction of polyethylene treated with corona discharge and modified basalt.

Keywords: polyethylene, basalt, filling, modification, corona discharge, physical, chemical and mechanical characteristics

Введение

Широкое применение полиэтилена в первую очередь связано с высокой доступностью и дешевизной данного полимера, получаемого из этилена, который является основным продуктом крекинга углеводородов нефти. С другой стороны, полиэтилен обладает своеобразным комплексом свойств, сочетая достаточно высокую прочность, прозрачность, способность переходить

в высокоэластическое состояние и хорошую обрабатываемость. Именно широкие возможности переработки полиэтилена любыми методами, пригодными для термопластов, позволяют достигать значительной вариабельности не только в отношении технологического режима получения, но и в отношении эксплуатационных характеристик изделий на его основе.

Для цитирования

Кадыкова Ю.А., Бредихин П.А., Арзамасцев С.В., Калганова С.Г. Комплексно-модифицированные базальтопластики // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 297–301. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-297-301

For citation

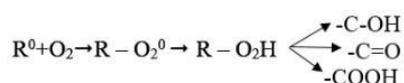
Kadykova Y.A., Bredihin P.A., Arzamastsev S.V., Kalganova S.G. Complex-modified basalt plastics. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 297–301. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-297-301

Наряду с представленными достоинствами полиэтилена (ПЭ) обладает и рядом недостатков, которые препятствуют его более широкому применению. К ним относятся: низкая реакционная способность, старение под действием солнечного света, ползучесть под механическими нагрузками, склонность к образованию трещин при циклических нагрузках, недостаточная механическая прочность, горючесть.

Поэтому активное использование полиэтилена в таких областях техники, как машиностроение, электротехника, судостроение и строительство, при изготовлении конструкционных деталей обуславливает высокий спрос на новые разработки в области повышения качества и снижения затрат при его производстве. Достижение оптимального уровня между стоимостью и качественными характеристиками полимерного композиционного материала возможно за счет применения доступных, недорогих и эффективных наполнителей, одним из которых является минеральный наполнитель – базальт, а также современных физических и химических методов модификации как наполнителей, так и матрицы.

Материалы и методы

Так как ранее доказана перспективность модификации базальтового наполнителя [1, 2], то в данной работе изучена возможность повышения реакционной способности ПЭ при наполнении его модифицированным базальтом путем обработки связующего коронным разрядом. Коронный разряд – характерная форма самостоятельного газового разряда возникающего при давлениях порядка атмосферного и выше в резко неоднородных полях, сопровождающегося видимым свечением – «короной». Когда полимер попадает в зону коронного разряда, электроны, образовавшиеся в поле коронного разряда, воздействуют на его поверхность с энергией в 2–3 раза большей, чем необходимо для разрыва молекулярных связей на поверхности большинства полимеров, при этом образуются различные очень реакционноспособные промежуточные кислородсодержащие функциональные группы [3, 4]. Именно эти карбонильные, карбоксильные, гидроперекисные и гидроксильные группы эффективно увеличивают химическое взаимодействие с наполнителем:



Устройство для обработки коронным разрядом состоит из высокочастотного генератора,

трансформатора высокого напряжения и электродов: одного с высоким потенциалом (обычно многосекционного металлического электрода), закрепляемого на небольшом расстоянии от второго – заземленного контрэлектрода (обычно металлического вала с диэлектрическим покрытием), а также двигателя, управляющего вращением заземленного вала (рисунок 1).

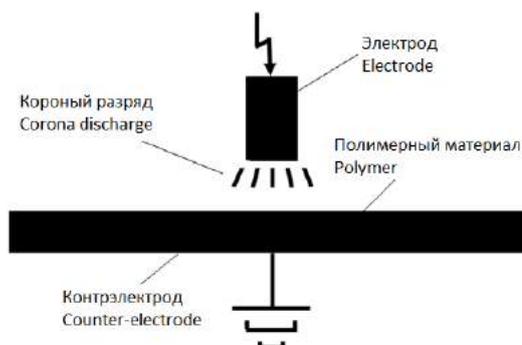


Рисунок 1. Схема обработки полимерного материала коронным разрядом

Figure 1. Scheme of processing of polymer material –La corona discharge

Коронный разряд формируется в узком воздушном зазоре с высокой разностью потенциалов между электродами, через этот зазор протягивается обрабатываемый полимер [5].

Для комплексно-модифицированного базальтопластика был проведен полный факторный эксперимент, в котором в качестве параметров оптимизации были выбраны ударная вязкость (Y_1), изгибающее напряжение (Y_2) и твердость по Бринеллю (Y_3), а в качестве факторов – содержание наполнителя в композиции (X_1), содержание модификатора в композиции (X_2) и сила тока коронного разряда (X_3) [6].

Результаты и обсуждение

В результате проведенных расчетов были получены следующие уравнения регрессии для комплексно-модифицированного композиционного материала:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 50,375 + 0,375X_1 + 0,375X_2 + 1,125X_3 - 0,125X_1X_2 + 0,125X_1X_3 + 0,125X_2X_3 \\ Y_2 &= 45,625 + 0,625X_1 + 0,375X_2 + 0,875X_3 - 0,125X_1X_2 - 0,125X_1X_3 + 0,125X_2X_3 \\ Y_3 &= 122,125 + 0,625X_1 + 0,375X_2 + 0,875X_3 - 0,625X_1X_2 + 0,375X_1X_3 + 0,625X_2X_3 \end{aligned} \quad (1)$$

Анализ полученных уравнений регрессии показывает преобладающее влияние силы тока коронного разряда на физико-механические характеристики полимерных композиционных материалов, выбранные в качестве параметров оптимизации, поскольку во всех трех полученных уравнения регрессии максимальные коэффициенты у фактора X_3 .

На основании полученных данных при оптимизации состава методом, предложенным Боксом и Уилсоном (градиентным методом), в качестве базового фактора выбрали силу тока коронного разряда (X_3), а в качестве критерия оптимальности – ударную вязкость (Y_1).

Как видно из приведенных данных (таблица 1), увеличение количества модификатора до 19,5 масс.ч. в составе композиционного материала, а также повышение силы тока коронного разряда до 30 мА приводит к увеличению Y_1 .

Оптимальными можно считать композицию № 4, которая имеет наиболее высокий показатель ударной вязкости (Y_1). Дальнейшее увеличение содержания наполнителя и модификатора, а также повышение силы тока обработки гранул ПЭ коронным разрядом представляется нецелесообразным, поскольку происходит снижение физико-механических характеристик материала [7–10].

Таблица 1.

Результаты градиентного метода оптимизации состава, комплексно-модифицированного полимерного композиционного материала на основе полиэтилена

Table 1.

The results of the gradient method of optimization of the composition, of complex-modified polymer composite materials on the basis of polyethylene

№ опыта	X_1 , масс.ч	X_2 , масс.ч	X_3 , мА	Y_1 , кДж/м ²
1	30	15	15	51,2
2	33	16,5	20	52
3	36	18	25	52,6
4	39	19,5	30	53
5	42	21	35	52,8
6	45	22,5	40	52
7	48	24	45	51,6
8	51	25,5	50	51

Как показали исследования при воздействии на полиэтилен низкого давления (ПЭНД) коронного разряда практически все физико-химические и механические свойства улучшаются (таблица 2), причем ударная вязкость композита возрастает более чем в 4 раза.

Таблица 2.

Физико-химические и механические свойства комплексно-модифицированного базальтопластика на основе ПЭНД обработанного коронным разрядом

Table 2.

Physico-chemical and mechanical properties of complex-modified basalt-plastic based on PE-HD treated with corona discharge

Состав композиции, масс. ч., на 100 масс. ч. ПЭ Composition, mass.h., 100 mass. h. PE	Ударная вязкость**, кДж/м ² Impact strength**, kJm ²	Изгибающее напряжение, МПа Bending stress, MPa	Твёрдость по Бринеллю, МПа Hardness Brinell, MPa	Потери массы при поджигании на воздухе, % Loss of mass during ignition in air, %	Кислородный индекс, %объем. Oxygen index, % volume.	Начальная температура деструкции, °С The initial temperature of decomposition, °C	Теплостойкость по Вика, °С Heat resistance by Vic, °C
ПЭНД+40 базальта HDPE + 40 basalt	13	28	82	27	25	284	145
ПЭНД+40 базальта+ +20 модификатора HDPE + 40 basalt + +20 modifiers	25	42	105	19	30	292	149
ПЭНД*+40 базальта+20 модификатора HDPE * + 40 basalt +20 modifiers	53	48	125	17	32	293	153

Примечание: * – ПЭ был подвержен воздействию коронного разряда с силой тока 30 мА в течение 10 мин.; ** – образцы испытаны с надрезом; коэффициент вариации по свойствам составляет ~ 5–6 %

Методом ИКС показано (рисунок 2), что в комплексно-модифицированном базальтопластике практически отсутствуют группы –ОН при 3500 см⁻¹, значительно уменьшается интенсивность пиков –CH₂-, и пиков –Si-O-Si-, что

свидетельствует об изменении структуры полиэтилена обработанного коронным разрядом с базальтом модифицированным ДБДФО.

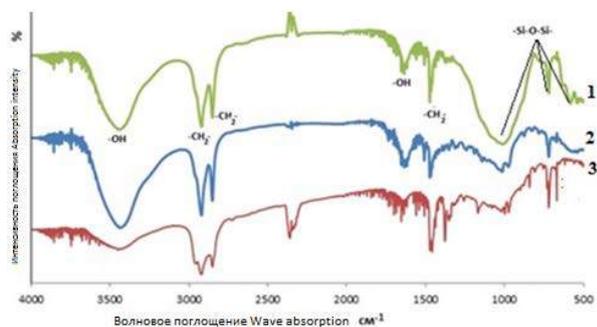


Рисунок 2. Данные ИКС: 1 – 100ПЭНД+40 базальт; 2 – 100ПЭНД+40 базальта+20 ДБДФО; 3 – 100ПЭНД_{коронный разряд}+40 базальта+20 ДБДФО

Figure 2. The data of infrared spectroscopy: 1 – 100PE-HD+40 basalt; 2 – 100PE-HD+40 basalt+20 modified basalt; 3 – 100PE-HD corona discharge+40 basalt+20 modified basalt

ЛИТЕРАТУРА

1 Бредихин П.А., Нуртазина А.С., Кадькова Ю.А. Полиэтилен, наполненный модифицированными дисперсными наполнителями // III Международная Российско-Казахстанская научно-практическая конференция «Химические технологии функциональных материалов». Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. С. 26–28.

2 Бредихин П.А., Кадькова Ю.А. Полиэтилен, наполненный модифицированным базальтом // IV Всероссийская научная конференция «Теоретические и экспериментальные исследования процессов синтеза, модификации и переработки полимеров», Уфа: РИЦ БашГУ, 2016. С. 17–18.

3 Крутовой А. Активация пленок коронным разрядом // Пластик. 2014. № 11 (140). С. 18–22.

4 Ревяко М.М., Петрушеня А.Ф., Толкач О.Я. Обработка полимеров коронным разрядом при производстве слоистых композиционных материалов // Труды БГТУ. Химия и технология органических веществ и биотехнология. 2011. № 4. С. 72–75.

5 Вернер Э., Семичев А., Зориков А. Коронный приём для полимера. URL: https://www.publish.ru/articles/200902_7179484.

6 Макаричев Ю.А., Иванников Ю.Н. Методы планирование эксперимента и обработки данных. Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. 131 с.

7 Jirásek V. et al. Filamentation of diamond nanoparticles treated in underwater corona discharge // RSC Advances. 2016. V. 6. №. 3. P. 2352-2360.

8 Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А., Фролов В.А. Решение проблемы утилизации отходов резинотехнических изделий путем модификации дорожных вяжущих // Вестник ВГУИТ. 2014. №2. С. 129-131.

9 Lukes P. et al. On the mechanism of OH radical formation by nanosecond pulsed corona discharge in water // Plasma Science (ICOPS), 2016 IEEE International Conference. 2016. P. 1-1.

10 Magureanu M. et al. New evidence on the formation of oxidizing species in corona discharge in contact with liquid and their reactions with organic compounds // Chemosphere. 2016. V. 165. P. 507-514.

Заключение

Полученные данные свидетельствуют о перспективности и целесообразности получения комплексно-модифицированных базальтопластиков на основе ПЭ обработанного коронным разрядом, так как повышаются весь комплекс свойств полиэтиленовых композитов.

REFERENCES

1 Bredikhin P.A., Nurtazina A.S., Kadykova Y.A. Polyethylene, filled with modified disperse fillers. *Khimicheskie tekhnologii funkcional'nykh materialov* [III international Russian-Kazakhstan scientific-practical conference "Chemical technology of functional materials"] Novosibirsk, Izd-vo NGTU, 2017. pp. 26–28. (in Russian)

2 Bredikhin, P.A., Kadykova Y.A. Polyethylene filled with basalt modified. *Teoreticheskie i eksperimental'nye issledovaniya protsessov* [IV Russian scientific conference "Theoretical and experimental study of processes synthesis, modification and processing of polymers"] Ufa, RITS Bashgu, 2016. pp. 17–18. (in Russian)

3 Krutovoi A. Activation of films by corona discharge. *Plastiks* [Plastics] 2014. no. 11 (140). pp. 18–22. (in Russian)

4 Revyako M.M., Petrushina F.A., Tolkach O. Ya., Treatment of polymers corona discharge in the production of layered composite materials. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU. Chemistry and technology of organic substances and biotechnology] 2011. no. 4. pp. 72–75. (in Russian)

5 Werner E., Semichev A., Shorikov A. Koronnyi priem dlya polimera [Corona device for polymer] Available at: https://www.publish.ru/articles/200902_7179484.

6 Makarichev Yu. A., Ivannikov Yu. N. *Metody planirovaniya eksperimenta* [Methods of experiment planning and data processing: studies. benefit] Samara, Samara. state tech. un-t, 2016. 131 p. (in Russian)

7 Jirásek, V., Lukeš, P., Kozak, H., Artemenko, A., Člupek, M., Čermák, J., ...&Kromka, A. (2016). Filamentation of diamond nanoparticles treated in underwater corona discharge. *RSC Advances*. 2016. vol. 6. no. 3. pp. 2352-2360. (in Russian)

8 Beliaev P.S., Malikov O.G., Merkulov S.A., Frolov V.A. Solution to the problem waste rubber products by modifying the road binders. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2014. no. 2. pp. 129-131. (in Russian)

9 Lukes P. et al. On the mechanism of OH radical formation by nanosecond pulsed corona discharge in water // Plasma Science (ICOPS), 2016 IEEE International Conference. 2016. pp. 1-1.

10 Magureanu M. et al. New evidence on the formation of oxidizing species in corona discharge in contact with liquid and their reactions with organic compounds. *Chemosphere*. 2016. vol. 165. pp. 507-514.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юлия А. Кадыкова д.т.н., доцент, заведующая кафедрой «Экономика и гуманитарные науки», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054, Россия, kadykova06@yandex.ru

Павел А. Бредихин аспирант, кафедра «Химия и химическая технология материалов», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054, Россия, pabredihin91@mail.ru

Сергей В. Арзамасцев д.т.н., профессор, кафедра «Транспортное строительство», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054, Россия, bort740@mail.ru

Светлана Г. Калганова д.т.н., профессор, заведующая кафедрой «Электроснабжение и электротехнология», Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., ул. Политехническая, 77, г. Саратов, 410054, Россия, s.kalганова2016@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Юлия А. Кадыкова написала рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Павел А. Бредихин обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент

Сергей В. Арзамасцев провёл математические расчеты с помощью метода оптимизации состава и градиентного метода

Светлана Г. Калганова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 27.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yuliya A. Kadykova Dr. Sci. (Engin.), associate Professor, head of the Department "Economics and Humanities", Saratov state technical University named after Gagarin Yu. A., Polytechnic street, 77, Saratov, 410054, Russia, kadykova06@yandex.ru

Pavel A. Bredikhin graduate student, Department of "Chemistry and chemical technology of materials", Saratov state technical University named after Gagarin Yu. A., Polytechnic street, 77, Saratov, 410054, Russia, pabredihin91@mail.ru

Sergei V. Arzamastsev Dr. Sci. (Engin.), Professor, Department of "Transport construction", Saratov state technical University named after Gagarin Yu. A., Polytechnic street, 77, Saratov, 410054, Russia, bort740@mail.ru

Svetlana G. Kalganova Dr. Sci. (Engin.), Professor, head of the Department "Power Supply and electrical engineering", Saratov state technical University named after Gagarin Yu. A., Polytechnic street, 77, Saratov, 410054, Russia, s.kalганова2016@yandex.ru

CONTRIBUTION

Yuliya A. Kadykova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Pavel A. Bredikhin review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Sergei V. Arzamastsev carried out mathematical calculations using the method of composition optimization and gradient method

Svetlana G. Kalganova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.29.2018

ACCEPTED 4.27.2018

Исследование структуры и свойств наноструктурированного биоразлагаемого термопластичного композита

Наталья А. Щербина	¹	nat80371@yandex.ru
Виктория А. Таганова	¹	vav779@yandex.ru
Елена В. Бычкова	²	xtsgtu@yandex.ru
Сергей Я. Пичхидзе	³	serg5761@yandex.ru

¹ Балаковский инженерно-технологический институт, ул. Чапаева, 140, г. Балаково, 413800, Россия

² Энгельский технологический институт, пл. Свободы, д.17, г. Энгельс, 413100, Россия

³ Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А., Политехническая 77, г. Саратов, 410054, Россия

Реферат. Повышенные требования к полимерным материалам и расширение областей их применения создают предпосылки создания новых биокomпозиционных материалов. Наиболее перспективной матрицей для биокomпозиционного материала является 2-гидроксипропионовая (молочная) кислота, уникальные возможности которой проявляются в результате модификации неорганическими минеральными наполнителями нанометрического размера. Особенно ценным является сочетание в данном полимере таких свойств как биоразлагаемость и биосовместимость. Наноструктурированные композиционные материалы, состоящие из полимолочной кислоты и минеральных наполнителей, приобретают существенное улучшение свойств по сравнению со свойствами чистого полимера. Методом полива формовочных растворов получены биоразлагаемые пленки, содержащие в составе слоистый природный минерал из класса метасиликатов. В качестве растворителя для приготовления формовочного раствора использовали трихлорметан. Изучены структура и свойства наноструктурированного термопластичного композита. Показано, что наполнитель равномерно распределяется в структуре полимера, влияет на размеры кристаллических образований, размеры кристаллитов увеличиваются. Введение наноструктурирующего минерала в биополимер повышает термостойкость композита, что обусловлено высокой устойчивостью к действию повышенных температур исходного микроармирующего минерального наполнителя, который не разлагается до температуры 1000-1100 °С. Установлено влияние слоистого природного минерала из класса метасиликатов на деформационно-прочностные свойства биокomпозита: сохраняется прочность и незначительно снижается относительное удлинение при разрыве материала. Способность к биоразложению и очень низкая токсичность позволяют использовать наноструктурированный композиционный материал на основе 2-гидроксипропионовой (молочной) кислоты в биомедицинских, фармацевтических, экологических и промышленных областях. Разработка биоразлагаемого композиционного материала позволит решить актуальные отечественные проблемы полимеров медицинского назначения.

Ключевые слова: наноструктурированный композиционный материал, биоразлагаемость, биосовместимость, термопластичный полимер, наноструктурирующий наполнитель.

The study of the structure and properties of nanostructured biodegradable thermoplastic composite

Natal'ya A. Shcherbina	¹	nat80371@yandex.ru
Viktoriya A. Taganova	¹	vav779@yandex.ru
Elena V. Bychkova	²	xtsgtu@yandex.ru
Sergei Y. Pichkidze	³	serg5761@yandex.ru

¹ Balakovskiy Institute of engineering and technology, Chapaev street , 140, Balakovo, 413800, Russia

² Engels Technological Institute, Svobody Sq., 17, Engels, 413100, Russia

³ Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, 77 Politehnicheskaya street, Saratov, 410054, Russia

Summary. Increased requirements for polymer materials and the expansion of their application fields create the prerequisites for the creation of new composite materials. The most promising matrix for the biocomposite material is 2-hydroxypropionic (lactic) acid, the unique capabilities of which are manifested as a result of modification by inorganic mineral fillers of nanometric size. The combination of such properties as Biodegradability and biocompatibility is particularly valuable in this polymer. Nanostructured composite materials, consisting of polylactic acid and mineral fillers, acquire a significant improvement in properties compared to the properties of a pure polymer. Biodegradable films containing a layered natural mineral from the class of metasilicates were obtained by the method of irrigation of molding solutions. Trichloromethane was used as a solvent for the preparation of molding solution. The structure and properties of a nanostructured thermoplastic composite are studied. It is shown that the filler is evenly distributed in the polymer structure, affects the size of the crystal formations, the size of the crystallites increases. The introduction of a nanostructuring mineral into a biopolymer increases the thermal stability of the composite, which is due to the high resistance to high temperatures of the initial micro-reinforcing mineral filler, which does not decompose to a temperature of 1000-1100 °C. The influence of layered natural mineral from the class of metasilicates on the deformation and strength properties of biocomposites is established: the strength is maintained and the relative elongation at material rupture is slightly reduced. The ability to biodegradation and very low toxicity allow the use of nanostructured composite material based on 2-hydroxypropionic (lactic) acid in biomedical, pharmaceutical, environmental and industrial fields. The development of biodegradable composite material will solve the current domestic problems of polymers for medical purposes.

Keywords: nanostructured composite material, Biodegradability, biocompatibility, thermoplastic polymer, nano-structuring filler

Для цитирования

Щербина Н.А., Таганова В.А., Бычкова Е.В., Пичхидзе С.Я. Исследование структуры и свойств наноструктурированного биоразлагаемого термопластичного композита // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 302–306. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-302-306

For citation

Shcherbina N.A., Taganova V.A., Bychkova E.V., Pichkidze S.Y. The study of the structure and properties of nanostructured biodegradable thermoplastic composite. *Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]*. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 302–306. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-302-306

Введение

В связи с экологическими проблемами и ограниченностью нефтяных запасов, являются актуальными разработки в области синтеза экологически безопасных полимерных материалов. Повышенные требования к полимерным материалам и расширение областей их применения создают перспективные предпосылки создания биокomпозиционных материалов.

Полимерные композиционные материалы состоят из двух дискретных фаз, это непрерывная фаза связующего и дисперсная армирующая фаза волокон, органических или минеральных наполнителей. Одной из наиболее перспективных матриц является 2-гидроксипропионовая (молочной) кислота, производится из возобновляемых источников и легко разлагается микроорганизмами. Возобновляемые источники полимерных материалов предлагают альтернативу для создания экологических биокomпозитов (зеленых материалов) различного функционального назначения [1, 2].

Сочетание свойств биоразлагаемости и биосовместимости термопластичного полилактида обеспечивает перспективные возможности использования полимерных материалов из термопластичной матрицы 2-гидроксипропионовой (молочной) кислоты в качестве биоразлагаемой упаковки, а также в качестве полимеров медицинского назначения. Уникальные возможности термопластичной матрицы проявляются в результате наноструктурирования минеральными наполнителями.

В наноструктурированных полимерных материалах максимально однородно распределены частицы неорганических или органических наполнителей нанометрического размера, которые по форме можно классифицировать как иглоподобные или трубчатые структуры (углеродные нанотрубки), двухмерные пластинчатые структуры (слоистые силикаты), сфероидальные трехмерные структуры (оксид кремния или цинка) [3–7].

Создание наноструктурированного термопластичного композиционного материала очень перспективно в области доступных медицинских полимеров восстановительной хирургии, полимерных штифтов, пластин остеосинтеза. Разработки биоразлагаемых композиционных материалов позволит решить актуальные отечественные проблемы медицинского направления.

Экспериментальная часть

Целью данной исследовательской работы является разработка и исследование наноструктурированного композиционного материала с использованием слоистого природного минерала из класса метасиликатов. Объектами исследования являются биоразлагаемое связующее

2-гидроксипропионовой (молочной) кислоты и микроармирующий наполнитель природного минерала из класса метасиликатов.

Наличие щелочного pH у наполнителя природного происхождения, вызывает отсутствие вредного воздействия на здоровье человека и окружающей среды в целом. Определяющее значение имеет химический состав – CaSiO_3 и основные физико-механические свойства: твердость по шкале Мооса 4,5; плотность г/см^3 2,9; показатель преломления 1,631–1,636; pH составляет 8–9; естественная влажность 0,2–0,5%.

Биоразлагаемый полимерный композиционный материал представляет собой смешанную многокомпонентную систему, обеспечивающую биоразлагаемость всей системы и высокие физико-механические свойства. Возможны несколько вариантов формирования смешанной многокомпонентной системы. Это формирование гомогенной смеси, которая представляет собой однородную структуру с усредненными характеристиками по отношению к исходным чистым компонентам. При невозможности смешения компонентов по термодинамическим причинам может формироваться двухфазная смесь, отличающаяся качественным изменением структуры материала при изменении концентрации компонентов. Композитная система состоит из матрицы, включающей в себя армирующие элементы [8–9].

Для исследования структуры и свойств композитов приготовлены образцы в виде пленок.

В качестве связующего для приготовления формовочного раствора применяли 5% раствор биополимера в хлороформе.

В качестве растворителя использовали трихлорметан производства ЗАО «Мосреактив» (х. ч.) без дополнительной очистки.

Композит получали при постоянном помешивании раствора биополимера в хлороформе с обезвоженным минеральным наполнителем от 0,5–1 г., полученную суспензию в течение 30 смешивали магнитной мешалкой, затем отливали тонким слоем в чашки Петри и сушили до полного испарения растворителя при температуре 20–25 °С, в течение 2 суток, снимали с подложки.

Исследование морфологии поверхности и состава образцов проводили методом РЭМ/ЭДРА (растровой электронной микроскопии/энергодисперсионного рентгеновского анализа) на дифрактометре ARL X'TRA “Thermo Fisher Scientific” и микроскопе Aspex Explorer при ускоряющем напряжении электронного пучка 20kV

Для оценки влияния минерального наполнителя на процесс деструкции биополимера использовали метод термогравиметрического анализа.

Рентгенофазовый анализ (РФА) образцов проводился на дифрактометре Shimadzu XDR 6000 в автоматическом режиме в интервале углов рассеяния от 5 до 90°. Определение фазового состава осуществлено методом рентгенофазового анализа (РФА), в основе которого лежит закон Вульфа-Брэгга. Согласно закону рентгеновские кванты, падающие на кристалл, отражаются от него строго под определенными углами в соответствии с выражением:

$$2d \times \sin \Theta = n\lambda,$$

где d – межплоскостное расстояние, Å; Θ – угол между направлением падающих лучей и отражающей их атомной плоскости; n – целое число; λ – длина волны рентгеновского излучения, нм [10].

Определение физико-механических свойств разработанных пленочных материалов осуществляли в соответствии с ГОСТ 14236-81 «Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение».

Результаты и обсуждение

Одной из важных проблем при создании нанокмозитов является обеспечения равномерного распределения наноструктурирующих частиц в полимерной матрице. В связи с этим в работе исследована топографическая поверхность полученных композитов (рисунок 1). Микрофотографии поверхности наноструктурированного композита, позволяют зафиксировать однородность распределения минерального наполнителя в полимерной матрице.

Проведено термогравиметрическое исследование образцов пленок биокмозитов с наноструктурирующим наполнителем (рисунок 2). Показано, что исходный минеральный наполнитель является термостойким продуктом, не разлагающимся во всем температурном интервале термогравиметрического исследования. В связи с этим, его введение в связующее способствует повышению термостойкости композиции, при этом наблюдается некоторое смещение всех температур основной стадии деструкции полимера в область более высоких температур (таблица 1).

Как известно, кристаллическая область в материалах определяется областью когерентного рассеяния рентгеновских лучей. Ширина рефлексов на дифрактограммах позволяет предположить об изменениях в размерах кристаллитов. Смещение пиков и снижение ширины рефлекса (при $2\theta = 16,7^\circ$) на половине его высоты при введении в биополимер наноструктурирующего наполнителя (рисунок 3) свидетельствует о возрастании размеров кристаллитов.

Выявленные изменения в структуре композита подтверждаются значениями физико-механических свойств разработанных составов: в наполненных биополимерах несколько снижается относительное удлинение при разрыве с сохранением прочности материала, повышается хрупкость.

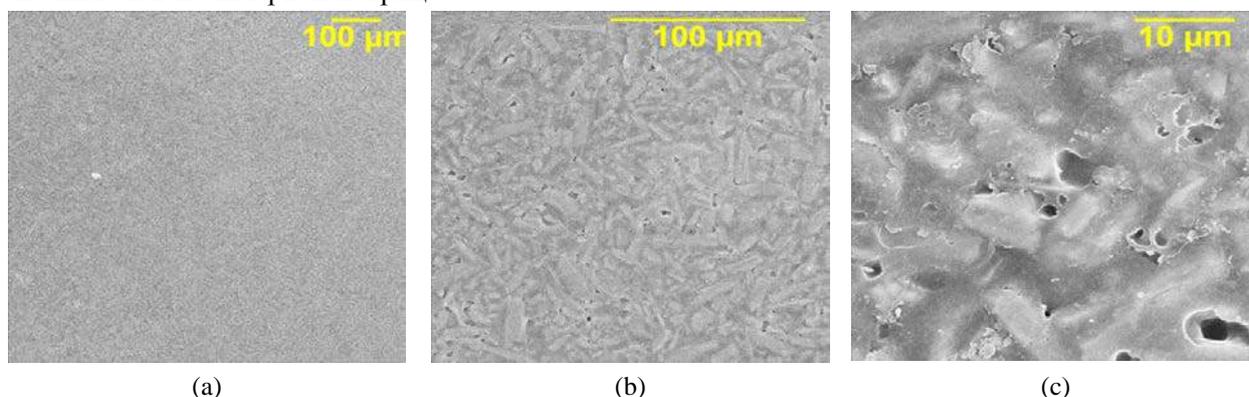


Рисунок 1. Топографическое исследование поверхности наноструктурированного композиционного материала: (a) – исходный образец; (b), (c) – наноструктурированный материал

Figure 1. Topographic study of the surface of the nanostructured composite material: (a) – original sample; (b), (c) – nanostructured material

Таблица 1.

Влияние минерального наполнителя на термодеструкцию биополимера

Table 1.

Effect of mineral filler on the thermal destruction of biopolymer

Образец Sample	Температура деструкции, °C Destruction temperature, ° C		
	начальная initial	максимальная maximum	конечная final
наполнитель filler	–	–	–
исходный полилактид initial polylactide	320	360	400
наноструктурированный композит nanostructured composite	340	380	420

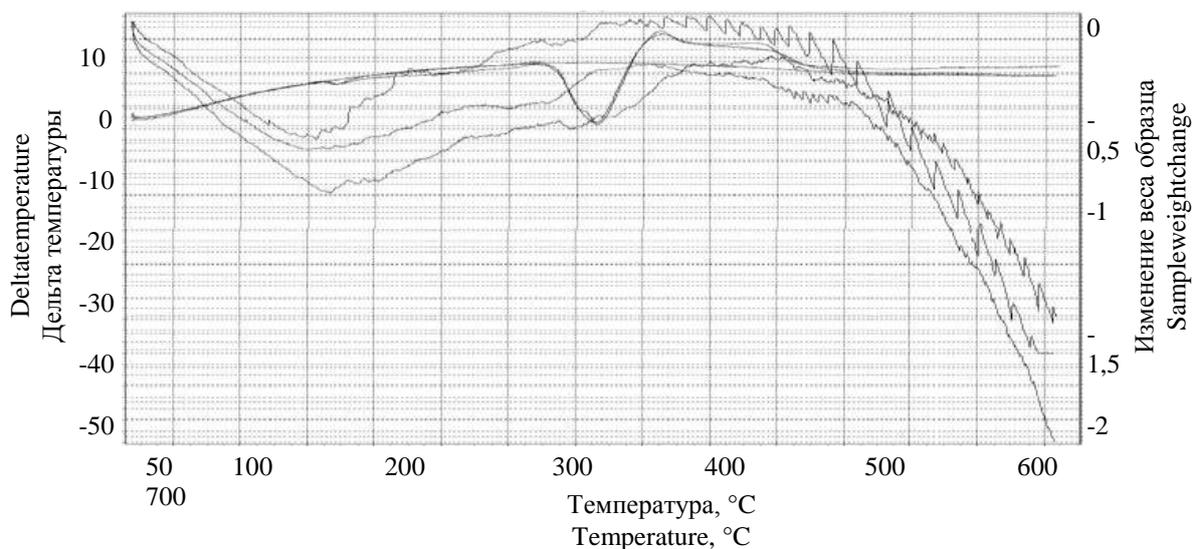


Рисунок 2. Термограмма ДТА 1) исходный минеральный наполнитель; 2) исходный полимер; 3) наноструктурированный композит

Figure 2. Thermogram of DTA 1) the source of mineral filler; 2) the original polymer, 3) nano-structured composite

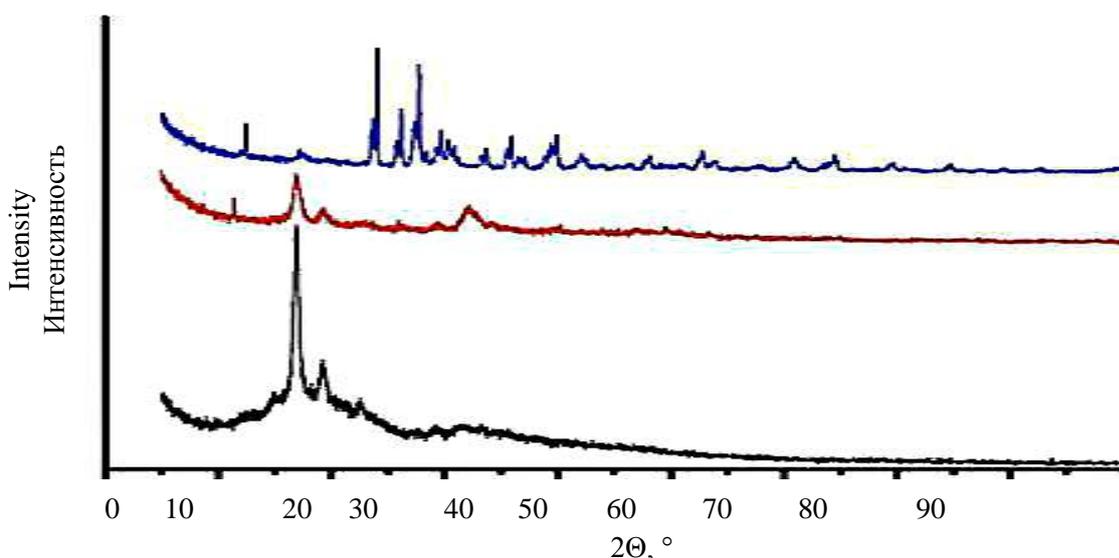


Рисунок 3. Дифрактограммы РФА образцов, где: (а) полилактид, (б-с) наноструктурированный композит

Figure 3. XRF diffractograms of samples, where: (a) polylactide, (b-c) nanostructured composite

Заключение

С использованием слоистого природного минерала из класса метасиликатов методом полива получены биоразлагаемые термопластичные пленки на основе биоразлагаемого связующего 2-гидроксипропионовой (молочной) кислоты. Установлено влияние наполнителя

на структуру и свойства биокомпозита: наноструктурированный минерал равномерно распределяется в структуре полимера, увеличивает размеры областей когерентного рассеяния (размеры кристаллитов), способствует повышению термостойкости материала, изменению физико-механических свойств композита.

ЛИТЕРАТУРА

1 Григорьян А.С., Топоркова А.К. Проблемы интеграции имплантатов в костную ткань (теоретические аспекты). М.: Техносфера, 2007. 128 с.
2 Лонг Ю. Биоразлагаемые полимерные смеси и композиты из возобновляемых источников. СПб.: Научные основы и технологии, 2013. 464 с.

3 Князев А.В., Буланов Е.Н., Алейник Д.Я., Чарыкова И.Н. и др. Синтез и исследование наноразмерного гидроксиапатита на модели *invitro*. // Вестник Нижегородского государственного университета им. Н.И.Лобачевского. 2012. № 5. С. 24–27.

4 Ксантос М. Функциональные наполнители для пластмасс. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 462 с.

5 Перепелкин К.Е. Армирующие волокна и волокнистые полимерные композиты. СПб.: Научные основы и технологии, 2009. 380 с.

6 Sinha Ray S., Yamada K., Okamoto M., Fujimoto Y. et al. Polylactide / layered silicate nanocomposites // Designing of materials with desired properties. Polymer. 2003. № 44. P. 6633–6646.

7 Sinha Ray S., Yamada K., Okamoto M., Ogami A et al. Polylactide / layered silicate nanocomposites. Part 3. High performance biodegradable materials // Chem. Mater. 2003. №15. P. 1456.

8 Щербина Н.А., Бычкова Е.В., Панова Л.Г. Полимерные композиционные биоразлагаемые материалы // Сборник трудов III Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий», Балаково. 2017. С. 327–329

9 Щербина Н.А., Бычкова Е.В. и др. Разработка состава биоразлагаемого полимерного композиционного материала // Сборник трудов IV Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологий», Балаково, 2018. С. 243–245.

10 Савицкая Л.К. Рентгеноструктурный анализ. Томск: СКК-Пресс, 2006. 276 с.

REFERENCES

1 Grigoryan A.S., Toporkova A.K. Problemy integratsii implantov [Problems of integration of implants into bone tissue (theoretical aspects)] Moscow, Technosphere, 2007. 128p. (in Russian)

2 Long Yu. Biorazлагаемые polimernye smesi [Biodegradable polymer blends and composites from renewable resources] Saint-Petersburg, Scientific basis and technologies, 2013. 464 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья А. Щербина к.т.н., доцент, кафедра физики и естественнонаучных дисциплин, Балаковский инженерно-технологический институт, ул. Чапаева, 140, Балаково, 413800, Россия, nat80371@yandex.ru

Виктория А. Таганова к.т.н., доцент, кафедра физики и естественнонаучных дисциплин, Балаковский инженерно-технологический институт, ул. Чапаева, 140, Балаково, 413800, Россия, vav779@yandex.ru

Елена В. Бычкова д.т.н., профессор, кафедра технологии и оборудования химических, нефтегазовых и пищевых производств, Энгельсский технологический институт, площадь Свободы, д.17, г. Энгельс, 413100, Россия, xtsgtu@yandex.ru

Сергей Я. Пичкидзе д.т.н., ст. научный сотрудник, кафедра биотехнологических и медицинских аппаратов и систем, Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., Политехническая 77, г. Саратов, 410054, Россия, serg5761@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Наталья А. Щербина обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Виктория А. Таганова консультация в ходе исследования

Елена В. Бычкова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Сергей Я. Пичкидзе консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 19.04.2018

3 Knyazev A.V., Bulanov E.N., Aleinik D. Ya., Charykova I.N. et al. Synthesis and study of nanosized hydroxyapatite on in vitro models. Vestnik NGU [Bulletin of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod] 2012. no. 5. pp. 24–27. (in Russian)

4 Xanthos M. Funktsional'nye napolniteli [Functional fillers for plastics] Saint-Petersburg, Scientific basis and technologies, 2010. 462p. (in Russian)

5 Perepelkin K.E. Armiruyushchie volokna [Reinforcing fibers and fibrous polymeric composites] Saint-Petersburg, Scientific basis and technologies, 2009. 380 p. (in Russian)

6 Sinha Ray S., Yamada K., Okamoto M., Fujimoto Y. et al. Polylactide / layered silicate nanocomposites. Designing of materials with desired properties. Polymer. 2003. no. 44. pp. 6633–6646.

7 Sinha Ray S., Yamada K., Okamoto M., Ogami A et al. Polylactide / layered silicate nanocomposites. Part 3. High performance biodegradable materials. Chem. Mater. 2003. no. 15. pp. 1456.

8 Shcherbina N.A., Bychkova E.V., Panova L.G. Polymer composite biodegradable materials. Aktual'nye problem I puti razvitiya energii [Proceedings of the III International scientific and practical conference "Actual problems and ways of development of energy, equipment and technologies"] Balakovo, 2017. pp. 327–329. (in Russian)

9 Shcherbina N.A., Bychkova E.V. et al. Development of the composition of biodegradable polymer composite material. Aktual'nye problem I puti razvitiya energii [Proceedings of the IV International scientific-practical conference "Actual problems and ways of development of power, equipment and technologies"] Balakovo, 2018. pp. 243–245. (in Russian)

10 Savitskaya L.K. Rengenostturnyi analiz [X-ray Diffraction analysis] Tomsk, SKK-Press, 2006. 276 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natal'ya A. Shcherbina Cand. Sci. (Engin), Physics and natural science disciplines department, Balakovo engineering and technological Institute, Chapaev street , 140, Balakovo, 413800, Russia, nat80371@yandex.ru

Viktoriya A. Taganova Cand. Sci. (Engin), associate Professor, Physics and natural science disciplines department, Balakovo engineering and technological Institute, Chapaev street , 140, Balakovo, 413800, Russia, vav779@yandex.ru

Elena V. Bychkova Dr. Sci. (Engin), Professor, Technology and equipment of chemical, oil and gas and food industries, Engels Technological Institute, Svobody Sq., 17, Engels, 413100, Russia, xtsgtu@yandex.ru

Sergei Y. Pichkidze Dr. Sci. (Engin), biotechnological and medical devices and systems department, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Politechnicheskaya str., 77, Saratov, 410054, Russia, serg5761@yandex.ru

CONTRIBUTION

Natal'ya A. Shcherbina review of the literature on an investigated problem

Viktoriya A. Taganova consultation during the study

Elena V. Bychkova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Sergei Y. Pichkidze consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.29.2018

ACCEPTED 4.19.2018

Возможности применения фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами

Елена Л. Владимирцева¹ elvladimirtseva@mail.ru
 Любовь В. Шарнина² sharnina51@mail.ru
 Анна А. Миронова¹ mironova.anna05@mail.ru

¹ Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр-т, 7, г. Иваново, 153000, Россия

² Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, пр-т Строителей, 33, г. Иваново, 153040, Россия

Реферат. Работа направлена на поиск новых препаратов и технологических приемов обработки текстильных материалов, позволяющих достигать высокое качество продукции с минимальными затратами и практическим отсутствием вредных производственных выбросов. На кафедре Химической технологии волокнистых материалов Ивановского государственного химико-технологического университета проводятся исследования по использованию нерастворимых алюмосиликатов в технологии отделки текстильных материалов: накоплен опыт применения силикатов для модификации свойств шерстяного волокна и для очистки отработанных красильных растворов от прямых, активных и кислотных красителей. В статье рассматривается возможность применения фторированного алюмосиликата (ФТАС), имеющего брутто-формулу $x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{AlF}_3$, который является побочным продуктом металлургического производства, при колорировании текстильных материалов пигментными красителями. Уникальность этого препарата заключается в том, что в отличие от обычных нерастворимых алюмосиликатов ФТАС сочетает нерастворимую (оксиды кремния и алюминия) и растворимую (фторид алюминия) фракции. Известно, что, несмотря на ограниченную растворимость в воде (0,41% по массе при 25 °С), фторид алюминия каталитически активен и в этом качестве используется в ряде химических процессов. Благодаря наличию водорастворимого фторида алюминия ФТАС имеет кислую реакцию. Это, а также мелкодисперсность и белый цвет нерастворимой части порошка позволяют использовать его как в качестве наполнителя для купажирования печатных красок, так и катализатора процесса фиксации красителя на волокне. Из оценки колористических и прочностных показателей полученных окрасок следует, что фторированный алюмосиликат может успешно заменить промышленно выпускаемые катализаторы. Дополнительным положительным свойством является увеличение срока хранения готовой печатной композиции. Ограниченная растворимость фторида алюминия, с одной стороны, и распределение его в структуре нерастворимых оксидов алюминия и кремния, с другой, делает препарат каталитически не активным при комнатной температуре, что положительно влияет на стабильность печатной краски. Другим вариантом применения фторированного алюмосиликата в сочетании с пигментами может быть обесцвечивания отработанных красильных растворов. При этом ведущую роль играет высокая сорбционная активность фторированного алюмосиликата по отношению к пигментам. Если в водную дисперсию пигмента поместить мелкодисперсный ФТАС, то, оседая, он будет захватывать краситель. За 24 часа дисперсия полностью обесцветится. При этом осевший порошок приобретает оттенок пигмента. Представленные в работе результаты исследований позволяют говорить о технологических возможностях использования фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами, в которых востребованы как его сорбционная способность, так и каталитическая активность.

Ключевые слова: текстильные материалы, фторированный алюмосиликат, пигменты, красители, печатание тканей, катализатор, сорбция

Using of fluorinated aluminum silicate in the process coloring of textile materials with pigments

Elena L. Vladimirtseva¹ elvladimirtseva@mail.ru
 Lyubov' V. Sharnina² sharnina51@mail.ru
 Anna A. Mironova¹ mironova.anna05@mail.ru

¹ Ivanovo state university of chemistry and technology, Sheremetevskii Av., 7, Ivanovo, 153000, Russia

² Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Stroiteley Av., 33, Ivanovo, 153040, Russia

Summary. The aim of the work is to search for new drugs and technologies for processing textile materials to achieve high quality products with minimum costs and practical absence of harmful industrial emissions. Studies on the use of insoluble aluminum silicate in practical application in the textile industry are conducted at the Ivanovo State University of Chemical Technology. The experience of using silicates for modifying the properties of wool fibre and purification of exhaust dyeing solutions from direct, active and acidic dyes has been accumulated. The article considers the possibility of using fluorinated aluminum silicate ($x\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot y\text{SiO}_2 \cdot z\text{AlF}_3$), which is a by-product in manufacture of aluminum fluoride, when coloring textile materials with pigment dyes. The uniqueness of this preparation lies in the fact that fluorinated aluminum silicate combines two fractions: insoluble (silicon and aluminum oxides) and soluble (aluminum fluoride). Aluminum fluoride has a limited solubility in water (0.41% by weight at 25 °C), but is catalytically active and is used in a number of chemical processes as a catalyst. Due to the presence of water-soluble aluminum fluoride, fluorinated aluminum silicate has an acidic reaction. This powder is finely dispersed and its insoluble part has a white color, so it can be used as filler for blending printing inks and a catalyst for the dye fixing process on the fibre. The color and strength characteristics of the obtained stains convincingly prove that the fluorinated aluminum silicate can successfully replace commercially available catalysts. An additional positive feature is an increase in the shelf life of the finished printed composition. The limited solubility of aluminum fluoride, on the one hand, and its distribution in the structure of insoluble alumina and silicon oxides, on the other, makes the preparation catalytically inactive at room temperature, which positively affects the stability of the ink. Another option for the use of fluorinated aluminum silicate in combination with pigments can be purification of exhaust dyeing solutions. In this case, the high sorption activity of fluorinated aluminum silicate with respect to pigments plays a leading role. If fine dispersed fluorinated aluminum silicate is placed in the aqueous dispersion of the pigment, then, settling, it will capture the dye. Within 24 hours, the dispersion completely discolored. At the same time, the settled powder acquires a pigment tint. The results of the research presented in this paper make it possible to talk about the technological possibilities of using fluorinated aluminum silicate in the coloring of textile materials with pigments in which both its sorption ability and catalytic activity are in demand.

Keywords: fibre materials, fluorinated aluminum silicate, pigmen dye, fabric printing, catalyst, sorption

Для цитирования

Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Миронова А.А. Возможности применения фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 307–312. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-307-312

For citation

Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V., Mironova A.A. Using of fluorinated aluminum silicate in the process coloring of textile materials with pigments. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 307–312. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-307-312

Введение

Отделочное производство текстильной промышленности характеризуется многообразием технологических процессов, широким ассортиментом используемых химических реагентов, красителей и отделочных препаратов, большим энерго- и водопотреблением. Совокупность технического оснащения и технологических решений определяет, в конечном итоге, себестоимость, качество и экономичность выпускаемой продукции на внутреннем и мировом рынках.

Поскольку при разработке новых технологиче- ских отделочных материалов необходимо принимать во внимание факторы экологичности, экономичности и технологичности производства решающее значение приобретает поиск новых препаратов и умелое использование различных технологических приемов обработки, позволяющих достигать высокого качества продукции с минимальными затратами и практическим отсутствием вредных производственных выбросов.

Одним из принципиальных путей решения проблемы экологии является использование на технологические нужды веществ и препаратов, которые по своей сути не представляют опасности для человека.

На кафедре ХТВМ ИГХТУ не первый год ведутся работы по использованию нерастворимых алюмосиликатов в технологии отделки текстильных материалов: накоплен опыт применения силикатов для модификации свойств шерстяного волокна [1], для очистки отработанных красильных растворов [2].

В процессе исследований была отмечена высокая сорбционная активность и оригинальность «поведения» фторированного алюмосиликата (ФТАС), являющегося побочным продуктом в производстве фторида алюминия [3, 4]. Уникальностью его заключается в том, что в отличие от обычных нерастворимых алюмосиликатов ФТАС сочетает нерастворимую (оксиды кремния и алюминия) и растворимую (фторид алюминия) фракции.

В статье рассматривается возможность применения ФТАС при колорировании текстильных материалов пигментными красителями. В последние годы пигменты приобрели большую популярность у производителей тканей. Несомненным достоинством этого класса красителей являются разнообразие цветов и оттенков, простота использования, возможность нанесения на любые термоустойчивые волокна, а главное – сокращения технологического цикла за счёт исключения операции промывки. Непрерывно растет спрос на новые оригинальные эффекты пигментной печати с применением экологически безопасных наполнителей.

Основной принцип пигментной печати заключается в том, что закрепление красителей на волокне не связано с проявлением действия сил сродства между ними, а осуществляется с помощью связующих, фиксирующих частицы нерастворимого красителя в двух- и трехмерной сетке. Непременным условием образования такой связи является наличие катализатора, в качестве которого обычно используются потенциально кислые соли [5, 6], проявляющие свои кислотные свойства на стадии термообработки.

Благодаря наличию водорастворимого фторида алюминия ФТАС имеет кислую реакцию. Это, а также мелкодисперсность и белый цвет нерастворимой части порошка позволяют использовать его как в качестве наполнителя для купирования печатных красок, так и катализатора процесса фиксации красителя на волокне.

Другим вариантом применения фторированного алюмосиликата в сочетании с пигментами может быть обесцвечивания отработанных красильных растворов.

Материалы и методы

Объектом исследования являлся фторированный алюмосиликат (ФТАС), имеющий брутто формулу $xAl_2O_3 \cdot ySiO_2 \cdot zAlF_3$. Кроме окислов алюминия и кремния, ФТАС содержит в своем составе 2–6% фторида алюминия. Несмотря на ограниченную растворимость в воде (0,41% по массе при 25 °С), фторид алюминия каталитически активен и в этом качестве используется в ряде химических процессов [7]. Размер частиц порошка ФТАС сопоставим с размерами частиц пигментных красителей, а белизна порошка (85%) близка к этому показателю для оксида титана (84%) и гидроксида алюминия (90%), применяемых для производства белых пигментов.

В работе были использованы технические красители производства Турции, отличающиеся цветом и химическим строением – пигменты: голубой MB, красный R2B, фиолетовый VRE, золотисто-желтый K2R, оранжево-красный OR, пурпурный PP4, коричневый BR.

Печать вели по хлопчатобумажной ткани полотняного переплетения с поверхностной плотностью 250 г/м², композициями для пигментной печати производства России (композиция I), Германии (композиция II), Турции (композиция III). Основными составляющими композиций являются загуститель, придающий печатной краске необходимые реологические характеристики, а также связующее вещество и фиксатор, закрепляющие краситель на волокне. Кроме них в состав входят различные текстильно-вспомогательные вещества (ТВВ) – смягчители, эмульгаторы и пр. и катализатор, активирующий при повышении температуры процесс «пришивки» красителя к волокну.

Составы наносили на текстильный материал через сетчатые шаблоны, сушили и термофиксировали при температуре 160°C в течение 2 мин. Качество печати определялось по устойчивости к сухому и мокрому трению (по ГОСТ 9733.27–83) и к стирке (ГОСТ 9733.0–83). Колористические характеристики печатного рисунка оценивались по интенсивности окраски. Для этого измеряли коэффициент отражения от материала R на спектрофотометре "Specol-11" при соответствующих длинах волн и рассчитывали функцию K/S по формуле Гуревича – Кубелки – Мунка (ГКМ)[8]:

$$\frac{K}{S} = \frac{(1 - R_\lambda)^2}{2R_\lambda} - \frac{(1 - R_s)^2}{2R_s}, \quad (1)$$

Где K – коэффициент поглощения света, окрашенным волокном; S – коэффициент рассеяния этим же волокном; R_λ – спектральный коэффициент отражения окрашенной ткани.

После этого с помощью компьютерной программы, определяли положение цвета на координатной плоскости в координатах a и b в равноконтрастной системе CIE L*a*b*.

Для оценки эффективности очистки отработанных растворов от пигментов навеску фторированного алюмосиликата (5 г) помещали в высокий химический стакан, добавляли 2 мл дисперсии красителя (1 г/л) и доводили дистиллированной водой до 100 мл. Контроль вели комплексно визуально и инструментально, определяя изменение мутности, цвета и оптической плотности дисперсий при длине волны

характерной для данного цвета красителя (на фотоколориметре) [8], а также окраски осадков глин. На спектрофотометре «Spekord 450 – M» с автоматической регистрацией данных были получены спектры поглощения раствора над осадком в диапазоне длин волн 350–750 нм. Контроль проводился с момента приготовления дисперсий ежедневно в течение 3 суток отстаивания.

Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены результаты колорирования хлопчатобумажной ткани пигментными композициями, в которых использовали фирменные катализаторы и ФТАС.

Как следует из оценки колористических и прочностных показателей окрасок, полученных с применением композиций различных фирм, алюмосиликат успешно заменяет промышленно выпускаемые катализаторы.

Дополнительным положительным свойством, отмеченном при использовании ФТАС, является увеличение срока хранения композиции. Как известно, готовые печатные составы на предприятиях обычно используются в течение одной – двухрабочих смен, т. к. они сохраняют свои свойства не более суток [5, 6]. Длительное их хранение вызывает ухудшение качества печати, что связано с нарушением реологических характеристик печатного состава [6]. Так, композиции II и III загустевают и теряют свою пластичность, при этом резко падает интенсивность отпечатка. Композиция I напротив, разжижается, становится водянистой, поэтому напечатанные с ней рисунки не имеют четкого контура (таблица 1).

Таблица 1.

Влияние природы катализатора на качество пигментной печати

Table 1.

Influence of the catalyst on the quality of pigment printing

Пигмент Pigment	Показатель Mark	Печатный составы Pigment composition					
		Композиция I Composition I		Композиция II Composition II		Композиция III Composition III	
		Катализатор I Catalyst I	ФТАС fluorinated aluminum silicate	Катализатор II Catalyst II	ФТАС Fluorinated aluminum silicate	Катализатор III Catalyst III	ФТАС Fluorinated aluminum silicate
Голубой MB Blue MB	Интенсивность, K/S Color intensity, K/S	34,1	34,9	40,9	39,8	39,4	33,3
	Устойчивость к стирке Washfastness	4/5/4	4/5/4	4/5/5	5/5/5	4/4/4	4/5/4
	Устойчивость к трению (Friction fastness) – сухому (dry) – мокрому (wet)	4/4 4/3	4/4 4/3	5/4 4/4	5/5 4/4	4/4 4/3	5/4 4/3
красный R2B Red R2B	Интенсивность, K/S Color intensity, K/S	38,4	40,6	43,6	42,0	44,1	42,3
	Устойчивость к стирке Washfastness	3/4/3	3/4/4	4/5/4	5/4/4	4/3/4	4/4/4
	Устойчивость к трению (Friction fastness) – сухому (dry) – мокрому (wet)	4/5 3/3	5/4 4/4	4/4 3/3	4/4 4/3	4/3 3/3	4/4 4/3

В присутствии ФТАС этого не происходит. Ограниченная растворимость фторида алюминия, с одной стороны, и распределение его в структуре нерастворимых окислов алюминия и кремния, с другой, делает AlF_3 каталитически не активным при комнатной температуре. Поэтому порошок ФТАС, фактически, представляет собой «депо» для хранения AlF_3 и высвобождает его только на стадии фиксации. Это позволяет увеличить срок хранения готовых составов с 24 до 72 часов без ухудшения качества печати.

При увеличении содержания ФТАС в печатном составе до 2,5–10 г/кг, минерал может выступать в роли не только катализатора, но и наполнителя для «разбавления» цвета. При этом были получены оригинальные колористические эффекты. При соотношении краситель: ФТАС 1:5 изменялась не только насыщенность окраски, но и оттенок цветного пигмента. Подтверждением этого являются координаты цвета образцов, напечатанных одним и тем же красителем с алюмосиликатом и белым пигментом в качестве наполнителя (рисунок 1).

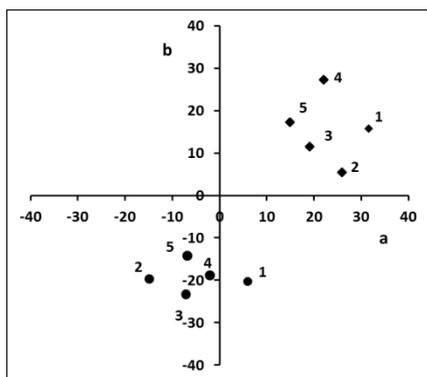


Рисунок 1. Координаты цвета образцов напечатанных пигментами «♦» – красным R2B и «●» – голубым MB: 1 – Исходный; 2 – Композиция I + ФТАС; 3 – Композиция III + ФТАС; 4 – Композиция I + белый пигмент; 5 – Композиция III + белый пигмент

Figure 1. The color coordinates of the samples that are printed with pigments "♦" – Red R2B and "●" – Blue MB: 1 – Original; 2 – Composition I + fluorinated aluminum silicate; 3 – Composition III + fluorinated aluminum silicate; 4 – Composition I + white pigment; 5 – Composition III + white pigment

Вектор изменения координат цвета при этом направлен в сторону отрицательных значений, что придает расцветкам более «холодные» оттенки, чем при печати с белым пигментом. Например, голубой пигмент приобретает бирюзовый, а красный – розовый оттенки.

При увеличении содержания ФТАС до соотношения 1:10, кроме изменения цветовых характеристик расцветок было отмечено

появление эффекта «мелкозернистой» печати, особенно заметного на темном фоне. Этого нельзя достичь при использовании обычного белого пигмента, отпечаток с которым тусклый и невыразительный (рисунок 2).

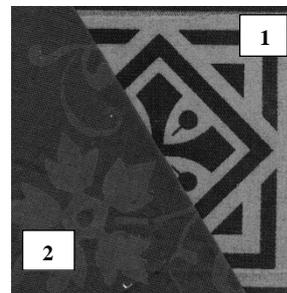


Рисунок 2. Печать по темной ткани пигментом красным R2B в присутствии: 1 – ФТАС; 2 – белого пигмента

Figure 2. Printing on dark fibre material with pigment red R2B in the presence of: 1 – fluorinated aluminum silicate; 2 – white pigment

Появление такого оригинального эффекта на наш взгляд связано с сорбционной активностью, которую проявляет фторированный алюмосиликат по отношению к пигментным красителям. Можно предположить, что в печатном составе между красителем и ФТАС образуются ассоциаты, с наружным расположением красителя на частице алюмосиликата. Благодаря этому цвет пигмента не теряется на темном фоне, образуя рисунок, который визуально кажется выпуклым. Прочностные характеристики таких расцветок не уступают традиционной печати.

На сорбционной активности ФТАС по отношению к пигментам основывается и процесс очистки отработанных растворов от пигментных красителей. Выше уже отмечалось, что ткани, колорированные пигментами, не нуждаются в промывке, однако краситель все равно может попасть в сточные воды при очистке оборудования, барок, сетчатых шаблонов. В этом случае перспективным может быть использование ФТАС в качестве адсорбента. Если в водную дисперсию пигмента поместить мелкодисперсный ФТАС, то, оседая, он будет захватывать краситель.

На рисунке 3 представлены данные по изменению оптической плотности растворов пигментов сразу после приготовления, через день и через 5 дней отстаивания с ФТАС. Полученные данные свидетельствуют о том, что за 24 часа система практически полностью обесцветится. При этом осевший порошок приобретает оттенок пигмента.

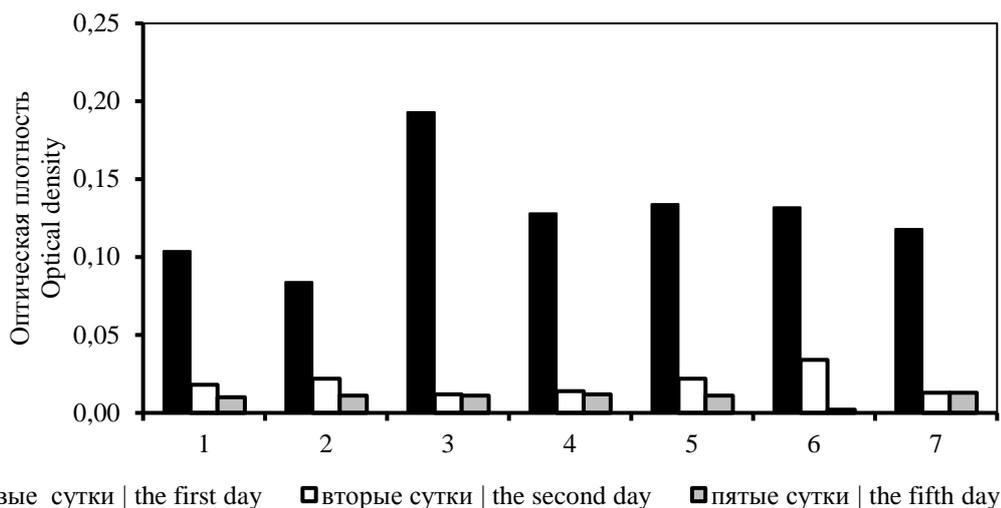


Рисунок 3. Изменение оптической плотности в присутствии ФТАС дисперсий пигментов: 1 – красного R2B; 2 – голубого MB; 3 – фиолетового VRE; 4 – золотисто-желтого K2R; 5 – оранжево-красного OR; 6 – пурпурного PP4; 7 – коричневого BR

Figure 3. The optical density in the presence of fluorinated aluminum silicate of pigments dispersions: 1 – Red R2B; 2 – Blue MB; 3 – Violet VRE; 4 – Golden yellow K2R; 5 – Orange-red OR; 6 – purple PP4; 7 – Brown BR

Подтверждением полного удаления красителей также служат спектры поглощения раствора над осадком. На рисунке 4 в качестве примера представлены спектры пигментов красного R2B и голубого MB в день приготовления и через сутки отстаивания. Как видно из рисунка, после отстаивания пигментов с ФТАС в области характеристического пика, определяющего цвет красителя, интенсивность поглощения снижается, полоса поглощения практически исчезает, что говорит о полном извлечении красителя из раствора.

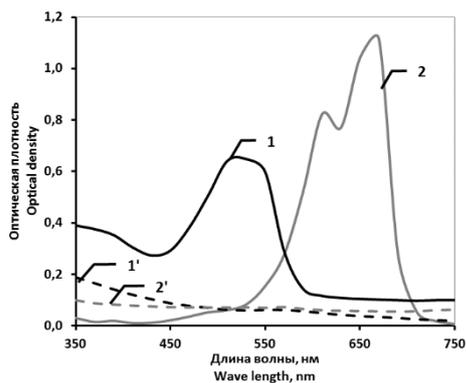


Рисунок 4. Спектры поглощения красителей 1 – красного R2B и 2 – голубого MB «'» – присутствие в дисперсии порошка ФТАС

Figure 4. The Absorption Spectra of Dye: 1 – Red R2B; 2 – Blue MB «'» – with the presence of fluorinated aluminum silicate.

Заключение

Представленные в работе результаты исследований позволяют говорить о перспективности использования фторированного алюмосиликата при колорировании текстильных материалов пигментами, и новых технологических возможностях в которых будут востребованы как его сорбционная способность, так и каталитическая активность.

Благодарности

Работа выполнена в рамках Государственного задания (проектная часть), проект № 4.1929.2017/4.6

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Вельбой М.А. Улучшение потребительских свойств шерсти // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2012. Т. 17. № 3. С. 91–95
- 2 Вельбой М.А., Владимирцева Е.Л., Шарнина Л.В., Шамсуддинова Э.Г. Оценка сорбционной активности глинистых минералов по отношению к растворам прямых и активных красителей // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2014. Т. 57. № 3. С. 81–86
- 3 Боярко Г.Ю., Хатьков В.Ю. Добыча и потребление фтористого минерального сырья в России. Ч. 1 // Известия Томского политехнического университета. 2004. Т. 307. № 3. С. 165–169
- 4 Петлин И.В., Дьяченко А.Н. Технико-экономическая оценка эффективности производства фторида алюминия // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 6. С. 36–39
- 5 Мельников Б.Н. Отделка хлопчатобумажных тканей: справочник. Иваново: Изд-во Талка. 2003. 484 с.

6 Мельников Б.Н. и др. Прогресс техники и технологии печатания тканей. М.: Легкая индустрия, 1980. 264 с.

7 Раков Э.Г. Химия и технология неорганических фторидов. М.: Изд-во МХТИ им. Д.И. Менделеева, 1990. 162 с.

8 Кричевский Г.Е. Методы исследования в текстильной химии. Справочник. М.: Легпромбытиздат, 1993. 401 с.

REFERENCES

1 Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V., Velboy M.A. Improving the consumer properties of wool. *Tekhnologiya legkoi promyshlennosti*. [Technology of light industry] 2012. vol.17. no. 3. pp. 91–95 (in Russian)

2 Velboy M.A., Vladimirtseva E.L., Sharnina L.V., Shamsuddinova E.G. The sorptive activity of clay minerals in relation to solutions of direct and reactive dyes. *Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya legko ipromyshlennosti* [[Technology of light industry] 2014. vol.57. no. 3. pp. 81–86 (in Russian)

3 Boyarko G.Yu., Khatkov V.Yu. Extraction and consumption of fluoride mineral raw materials in Russia. Part 1.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Елена Л. Владимирцева к.т.н., ст.н.с., доцент, кафедра химической технологии волокнистых материалов, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр-т, г. Иваново, 153000, Россия, elvladimirtseva@mail.ru

Любовь В. Шарнина д.т.н., профессор, каф. пожарной безопасности объектов защиты, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, пр-т Строителей, 33, г. Иваново, 153040, Россия, sharnina51@mail.ru

Анна А. Миронова студент, кафедра химической технологии волокнистых материалов, Ивановский государственный химико-технологический университет, Шереметевский пр-т, г. Иваново, 153000, Россия, mironova.anna05@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Елена Л. Владимирцева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Любовь В. Шарнина консультация в ходе исследования

Анна А. Миронова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 11.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.05.2018

Izvestiya Tmskogo politekhnicheskogo universiteta [Proceedings of the Tomsk Polytechnic University] 2004. vol. 307. no. 3. pp. 165-169 (in Russian)

4 Petlin I.V., Dyachenko A.N. Technical and economic assessment of the efficiency of aluminum fluoride production *Izvestiya Tmskogo politekhnicheskogo universiteta* [Proceedings of the Tomsk Polytechnic University] 2011. vol. 318. no. 6. pp. 36-39 (in Russian)

5 Melnikov B.N. Otdelka khlopchatobumazhnykh tkanei [Finishing of cotton fabrics: reference book] Ivanovo, Talka Publishing House. 2003. 484 p. (in Russian)

6 Melnikov B.N. et al. Progress tekhniki i tekhnologii [The progress of technology and technology of printing fabrics] Moscow, Light Industry, 1980. 264 p. (in Russian)

7 Rakov E.G. Khimiya i tekhnologiya neorganicheskikh [Chemistry and technology of inorganic fluorides] Moscow, Publishing House of the Moscow Art Theater. DI. Mendeleyev, 1990. 162 p. (in Russian)

8 Krichevsky G.E. Metody issledovaniya v tekstilnoi khimii [Methods of research in textile chemistry] Moscow, Legprombytizdat, 1993. 401 p. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Elena L. Vladimirtseva Cand. Sci. (Engin.), associate professor, chemical technology of fibre materials department, Ivanovo state university of chemistry and technology, Sheremetevskii Av., 7, Ivanovo, 153000, Russia, elvladimirtseva@mail.ru

Lyubov' V. Sharnina Dr. Sci. (Engin.), professor, fire safety of protection facilities department, Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Stroiteley Av., 33, Ivanovo, 153040, Russia, sharnina51@mail.ru

Anna A. Mironova student, chemical technology of fibre materials department, Ivanovo state university of chemistry and technology, Sheremetevskii Av., 7, Ivanovo, 153000, Russia, mironova.anna05@mail.ru

CONTRIBUTION

Elena L. Vladimirtseva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Lyubov' V. Sharnina consultation during the study

Anna A. Mironova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.11.2018

ACCEPTED 5.17.2018

Математическое моделирование некоторых особенностей диссоциации газовых гидратов

Евгений П. Запорожец¹ zep1945@inbox.ru
Никита А. Шостак¹ nikeith@mail.ru

¹ Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350051, Россия

Реферат. В современной нефтяной и газовой промышленности специалистам зачастую приходится решать многоплановые задачи, связанные с процессами диссоциации техногенных и природных газовых гидратов. Известные методы расчета и исследования диссоциации в основном описывают этот процесс с подводом к гидрату тепла. Однако при использовании для диссоциации метода снижения давления проявляются состояния метастабильности гидратов – эффекты самоконсервации и консервации, открытые российскими и зарубежными исследователями. Имеющиеся в литературе описания эффектов метастабильности получены в результате экспериментов с гидратами из однокомпонентных газов и для конкретных термобарических условий. Имеющиеся зависимости для одних гидратных систем не распространяются на другие, из-за чего их прямое применение при решении практических задач, например, с добычей газа из природных или ликвидацией техногенных гидратов в широком диапазоне термобарических условий затруднительно. Поэтому создание метода расчета основных параметров процесса диссоциации гидратов из многокомпонентных газов является актуальным. В статье представлена разработанная физико-математическая модель особенностей процесса диссоциации гидратов при изотермическом снижении давления окружающей его среды. С помощью этих моделей рассчитываются параметры процесса диссоциации гидратов, включающего проявления состояний их метастабильности. Полученные при разработке модели математические зависимости, связывающие параметры особенностей процесса диссоциации гидратов с текущими параметрами среды, а также с термобарическими условиями процесса их образования (т.е. с их «историей») могут быть использованы при решении практических задач по обеспечению надежности и бесперебойности функционирования систем нефтяной и газовой промышленности. Кроме того, полученные зависимости могут быть использованы при освоении перспективных запасов углеводородов, находящихся в гидратном состоянии в недрах и донных отложениях континентальных шельфов, а также для интенсификации добычи нефти и газа с использованием гидратных технологий.

Ключевые слова: газ, гидраты, диссоциация гидратов, изобарический подвод тепла, изотермическое снижение давления, особенности диссоциации, параметры гидратов

Mathematical modeling of some features of gas hydrates dissociation

Evgenii P. Zaporozhets¹ zep1945@inbox.ru
Nikita A. Shostak¹ nikeith@mail.ru

¹ Kuban State Technological University, Moscovskaya Str, 2 Krasnodar, 350051, Russia

Summary. In the modern oil and gas industry, specialists often have to solve multifaceted problems associated with processes of dissociation of technogenic and natural gas hydrates. Known methods of calculation and dissociation studies mainly describe this process with the supply to heat hydrate. However, when using the method of pressure reduction for dissociation, hydrate metastability states are manifested - self-preservation and conservation effects, discovered by Russian and foreign researchers. Available in the literature descriptions of the effects of metastability were obtained as a result of experiments with hydrates from one-component gases and for specific thermobaric conditions. The existing dependencies for some hydrate systems do not apply to others, so that their direct application in solving practical problems, for example, with the extraction of natural gas or the elimination of man-made hydrates in a wide range of thermobaric conditions, is difficult. Therefore, the creation of a method for calculating the main parameters of the dissociation of hydrates from multicomponent gases is relevant. The article presents the developed physico-mathematical model of the features of hydrate dissociation process under isothermal pressure decrease of its environment. With the help of these models, the parameters of the hydrate dissociation process, including manifestations of their metastability states, are calculated. The mathematical dependencies connecting the parameters of the hydration dissociation process with the current parameters of the medium, as well as with the thermobaric conditions of the process of their formation (i.e. with their "history") can be used to solve practical problems of ensuring reliability and continuity of functioning systems of oil and gas industry. In addition, the obtained dependences can be used to develop promising reserves of hydrocarbons that are in the hydrate state in the depths and bottom sediments of the continental shelves, as well as to intensify oil and gas production using hydrate technologies.

Keywords: gas, hydrates, dissociation of hydrates, isobaric heat supply, isothermal pressure decrease, dissociation features, hydrate parameters

Введение

Диссоциация газовых гидратов (далее просто гидратов) является сложным процессом, кинетика которого зависит от термобарического и фазового состояния среды, окружающей гидрат и «истории» их образования, т.е. температуры и давления, компонентного состава газа-гидратообразователя. Процесс диссоциации, осуществляемый в промышленных условиях, с комбинацией этих факторов зачастую приводит к непредсказуемым

результатам. В частности, при изотермическом сбросе давления до величины ниже равновесной проявляется состояние метастабильности гидратов, выражающееся эффектами самоконсервации и консервации. Процесс диссоциации гидратов, находящихся в этом состоянии, характеризуется его замедлением настолько, что гидраты продолжают существовать длительное время, хотя по данным из фазовых диаграмм они должны разлагаться.

Для цитирования

Запорожец Е.П., Шостак Н.А. Математическое моделирование некоторых особенностей диссоциации газовых гидратов // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 313–322. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-313-322

For citation

Zaporozhets E.P., Shostak N.A. Mathematical modeling of some features of gas hydrates dissociation. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 313–322. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-313-322

Предупреждение или использование в технологиях газовой и нефтяной промышленности метастабильности в процессе диссоциации гидратов требуют умения рассчитывать ее параметры. Для решения этой проблемы необходимо развивать физико-математический аппарат.

Известные методы расчета и исследования диссоциации в основном описывают этот процесс с подводом к гидрату тепла. Однако при использовании для диссоциации метода снижения давления проявляются состояния метастабильности гидратов – эффекты самоконсервации и консервации, открытые российскими и зарубежными исследователями В.С. Якушевым, В.А. Истоминым [1], Д.В. Дэвидсоном (D.W. Davidson) [2] и Ю.П. Хэндой (Y.P. Handa) [3]. Имеющиеся в литературе описания эффектов метастабильности получены в результате экспериментов с гидратами из однокомпонентных газов и для конкретных термобарических условий. Имеющиеся зависимости для одних гидратных систем не распространяются на другие, в связи с чем их применение при решении практических задач, например, с добычей газа из природных гидратов или ликвидацией техногенных в широком диапазоне термобарических условий затруднительно. Поэтому создание метода расчета основных параметров процесса диссоциации гидратов, состоящих из многокомпонентных газов, в широком диапазоне изменения давления является актуальной задачей.

С целью ее решения разработана физико-математическая модель, описывающая особенности диссоциации гидратов в изотермических условиях снижения давления окружающей гидрат среды ниже величины равновесного давления его существования.

Результаты и обсуждение

При разработке модели в качестве граничных условий принято то, что:

- гидрат образован из одно- или многокомпонентного газа;
- гидрат состоит из наиболее распространенных в природе кристаллических структур КС-I и КС-II;
- исходное давление внутри гидрата постоянно и равняется величине, соответствующей условиям его образования;
- температура окружающей гидрат среды постоянна и равняется температуре его образования;
- гидрат, находясь в окружающей среде, может свободно диссоциировать, не выходя ее давления.

В зависимости от разности давлений внутри гидрата P_1 и окружающей его среды P_2 процесс диссоциации может протекать следующим образом.

Когда величина этой разности меньше или равна прочности σ гидрата на растяжение

$$1 \geq \frac{P_1 - P_2}{\sigma} \quad (1)$$

сохраняется его механическая целостность.

Если величина этой разности больше величины σ

$$\frac{P_1 - P_2}{\sigma} > 1 \quad (2)$$

гидрат, согласно закону Гука, механически разрушается.

Прочность на растяжение зависит от внутренней морфологии гидрата, на которую влияют состав газа-гидратообразователя, степени заполнения им полостей кристаллической решетки, содержания в ней воды, давления и температуры роста кристаллов и т. д.:

$$\sigma = f_1(y; \theta; n; P; T) \quad (3)$$

В то же время, в характеристику внутренней морфологии гидрата в качестве основного параметра входит его плотность, которая также зависит от вышеперечисленных факторов:

$$\rho_n = f_2(y; \theta; n; P; T) \quad (4)$$

Кроме этого, внутренняя морфология гидрата характеризуется межкристаллитными взаимодействиями, объединяющими и связующими между собой кристаллы гидрата. В первом приближении эти взаимодействия можно выразить через основные параметры σ и ρ_n , отражающие внутреннюю морфологию гидрата:

$$\phi = \frac{\sigma}{\rho_n} \quad (5)$$

Величина ϕ имеет размерность кДж/кг. Выражение (5) в принципе отражает удельную энергию межкристаллитных связей внутренней морфологии гидрата. Для ее нахождения необходимо знать величины σ и ρ_n . Плотность гидрата ρ_n рассчитывается по методике [4].

Аналитическое определение величины σ затруднено отсутствием вида функции f_1 . В связи с этим авторы определяют прочность гидратов, основываясь на известном факте [5], что прочность гидрата примерно в полтора-два раза превышает прочность льда. Используя экспериментальные данные [6] о прочности льда на растяжение, рассчитывались величины прочности гидратов на растяжение. В результате чего получена область примерных значений прочности гидратов в диапазоне температур от 230 до 280 К, изображенная на рисунке 1.

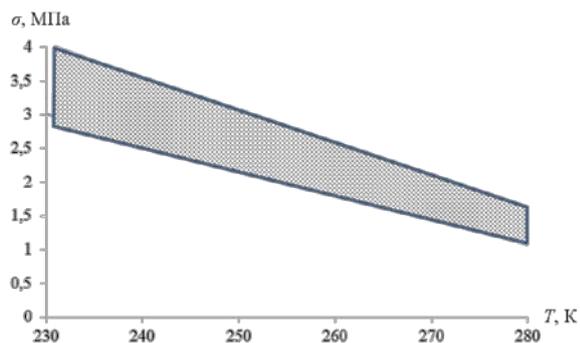


Рисунок 1. Область значений прочности гидратов на растяжение σ в зависимости от температуры T

Figure 1. The range of strengths of hydrates for tension σ as a function of temperature T

В зависимости от прочности на растяжение процесс диссоциации может протекать по двум основным направлениям, схематично представленным на рисунках 2 и 3, с сохранением механической целостности гидрата или при его разрушении.

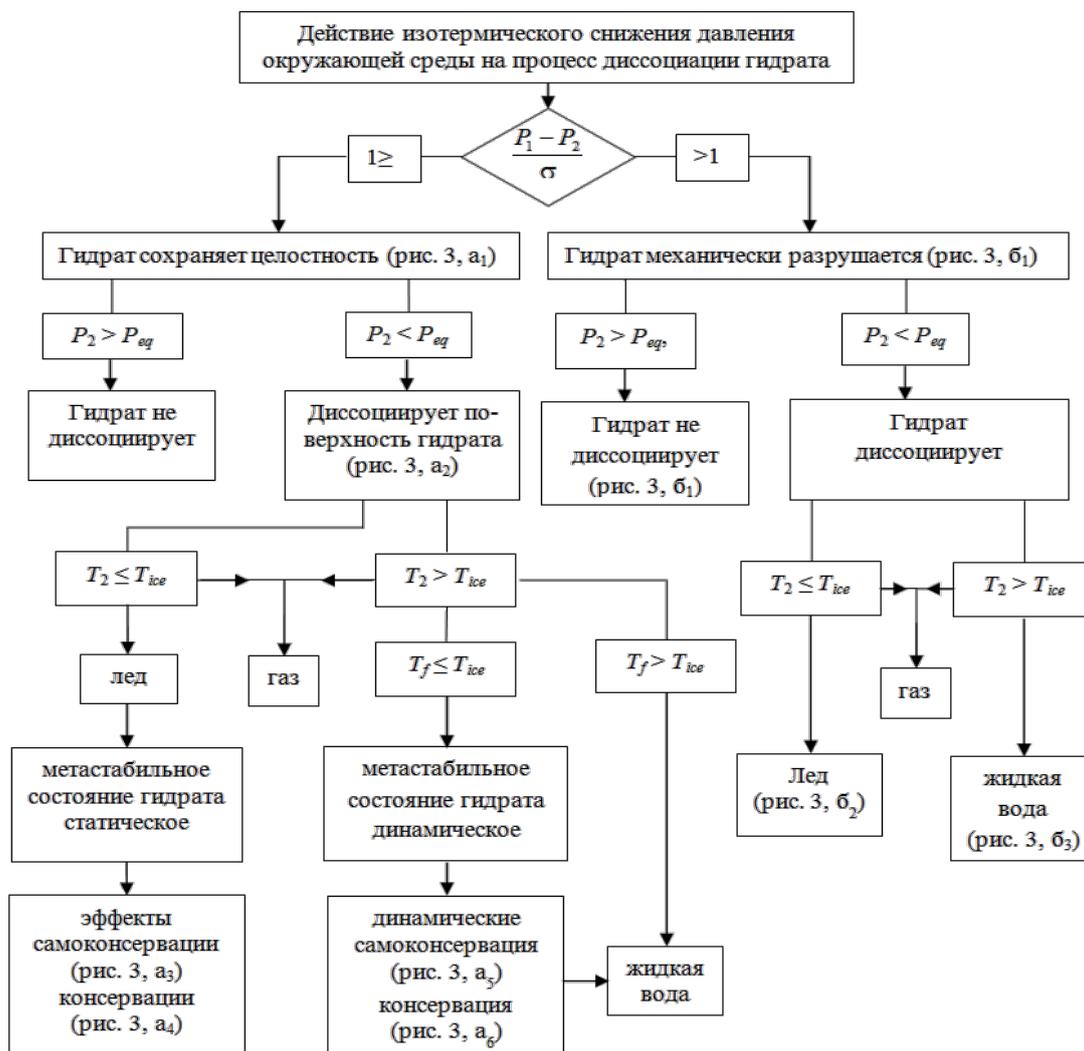


Рисунок 2. Схема направлений течения процесса разрушения и диссоциации гидрата при изотермическом снижении давления окружающей его среды: P_1 – давление внутри гидрата; P_2 – давление среды, окружающей среды; σ – механическая прочность гидрата на растяжение; P_{eq} – давление существования гидрата на линии его равновесия; T_2 – температура среды, окружающей гидрата; T_{ice} – температура воды на линии ее равновесия жидкой и твердой фаз; T_f – температура на поверхности гидрата

Figure 2. Scheme of the directions of flow of the process of destruction and dissociation of the hydrate under isothermal reduction of the pressure of its environment: P_1 is the pressure inside the hydrate; P_2 is the pressure of the medium, the environment; σ is the mechanical strength of the hydrate for tension; P_{eq} – the pressure of the existence of hydrate on the line of its equilibrium; T_2 is the temperature of the medium surrounding the hydrate; T_{ice} – water temperature on the line of its equilibrium of liquid and solid phases; T_f is the temperature at the surface of the hydrate

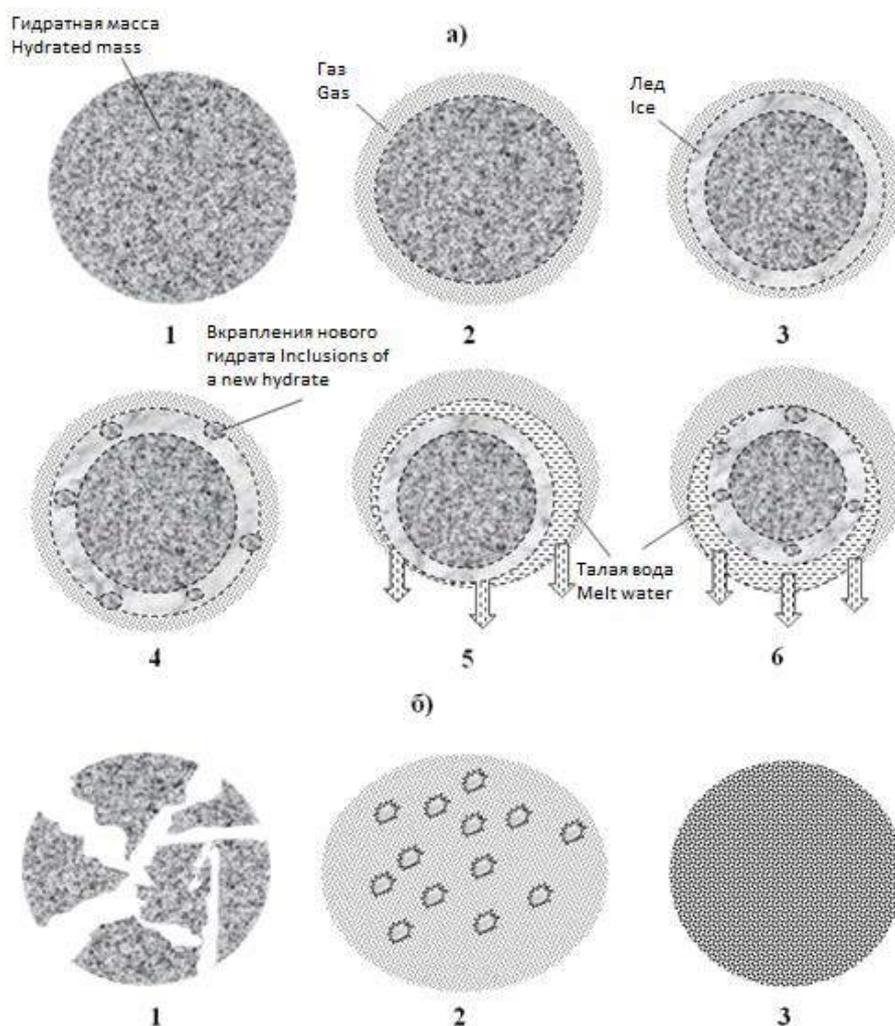


Рисунок 3. Разрушение и диссоциация гидрата от разности давлений ΔP окружающей среды и внутри гидрата: а) – $(\Delta P / \sigma) \leq 1$: a_1 – гидрат сохраняет целостность; a_2 – диссоциирует поверхность гидрата; $a_{3,4}$ – статическое метастабильное состояние гидрата (эффекты самоконсервации и консервации); $a_{5,6}$ – динамическое метастабильное состояние (динамические самоконсервация и консервация); б) – $(\Delta P / \sigma) > 1$: b_1 – механическое разрушение гидрата; $b_{2,3}$ – диссоциация разрушенного гидрата на газ и диспергированные лед и жидкую воду

Figure 3. The destruction and dissociation of the hydrate from the pressure difference ΔP of the environment and inside the hydrate: а) – $(\Delta P / \sigma) \leq 1$: a_1 – hydrate preserves integrity; a_2 – dissociates the surface of the hydrate; $a_{3,4}$ – static metastable state of hydrate (effects of self-conservation and conservation); $a_{5,6}$ – dynamic metastable state (dynamic self-preservation and conservation); б) – $(\Delta P / \sigma) > 1$: b_1 – mechanical destruction of hydrate; $b_{2,3}$ – dissociation of the destroyed hydrate into gas and dispersed ice and liquid water

Диссоциация механически целого гидрата

Если выполняется условие (1) и в случае, когда давление окружающей среды P_2 больше давления существования гидрата на линии его равновесия P_{eq}

$$P_2 > P_{eq} \quad (6)$$

диссоциации в плане распада гидратной системы на молекулярном уровне не происходит (не разрушается кристаллическая решетка). Таким образом, при условиях (1) и (6) гидрат не разрушается и не диссоциирует (рис. 3, a_1).

С продолжением снижения давления окружающей среды до величины, меньшей давления гидрата на линии его равновесия P_{eq}

$$P_2 < P_{eq} \quad (7)$$

и при выполнении условия (1) сохраняется механическая целостность гидрата, но его поверхность диссоциирует с разложением кристаллической структуры на газ и воду (рисунок 3, a_2). При этом вода находится в твердом или жидком состоянии.

Вода находится в стабильном твердом состоянии при давлении P_2 и температуре окружающей гидрат среды T_2 меньшей или равной величине T_{ice} температуры воды на линии ее равновесия твердой и жидкой фаз:

$$T_2 \leq T_{ice} \quad (8)$$

Температура T_{ice} воды на линии ее равновесия жидкой и твердой фаз зависит от давления окружающей ее среды P_2 и рассчитывается в диапазоне от 0.1 до 210 МПа по формуле, полученной авторами на основе обобщения экспериментальных данных [7]:

$$T_{ice} = 273.16 - 0.0731 \cdot P_2 - 0.0002 \cdot P_2^2 \quad (9)$$

При выполнении условия (8) на поверхности гидрата накапливается лед (рисунок 3, аз) и газовая фаза, высвобождающаяся в процессе диссоциации, вынуждена диффундировать сквозь него. В связи с тем, что величины коэффициентов диффузии газа сквозь лед невелики, например, в диапазоне температур 168.00–272.65 К для метана они составляют 10^{-14} – 10^{-11} м²/с [8], этот процесс медленный. Общее количество молекул газа N_G , диффундирующего через поверхностный слой за счет разности давлений внутри шарообразного гидрата массой в 1 кг и плотностью ρ_h , кг/м³, и окружающей его среды рассчитывается из уравнения:

$$N_G = D_{ice} \cdot \frac{f \cdot \tau}{k_B \cdot T_2 \cdot \delta} \cdot (P_1 - P_2) \quad (10)$$

где k_B – константа Больцмана (1.38×10^{-23} Дж/К); D_{ice} – коэффициент диффузии газа через лед, м²/с; f и δ – площадь и толщина поверхностного слоя, м² и м; τ – время процесса диффузии, с.

Толщина δ льда в процессе диссоциации поверхности гидрата увеличивается за счет его накопления, что ведет к замедлению выделения газа и, следовательно, к уменьшению интенсивности процесса.

В этом случае состояние гидрата метастабильно, а его проявление в таком виде называют эффектом самоконсервации [9].

Скорость выделения диффундирующего газа сквозь лед рассчитывается по уравнению [кг/с]:

$$W = \frac{N_G \cdot M_G}{N_A \cdot \tau} = D_{ice} \cdot \frac{f \cdot M_G}{N_A \cdot k_B \cdot T_2 \cdot \delta} \cdot (P_1 - P_2) \quad (11)$$

где N_A – число Авогадро (6.02×10^{23} моль⁻¹); M_G – молекулярная масса газовой фазы, выделяющейся из гидрата, кг/моль.

Скорость диссоциации гидрата в таком метастабильном состоянии определяется по формуле:

$$W_{h_1} = \frac{W}{X} \quad (12)$$

где X – массовая доля газа в гидрате:

$$X = \frac{\sum_{i=1}^{k_I} m_{G_{desI}i}}{8} + \frac{\sum_{i=1}^{k_{II}} m_{G_{desII}i}}{24} \quad (13)$$

где $m_{G_{desI}i}$, $m_{G_{desII}i}$ – количество молекул i -го компонента выделяющегося газа из полостей гидратных структур КС-I и КС-II (может быть рассчитано по методике [10]); k_I и k_{II} – число компонентов газа, выделяющегося из гидратных структур КС-I и КС-II; 8 и 24 – количество малых и больших полостей в кристаллических решетках гидратных структур КС-I и КС-II.

Для оценки кинетики процесса диссоциации гидрата, находящегося в состоянии самоконсервации, на рисунке 4 представлена графическая зависимость скорости диссоциации от разности давлений ΔP внутри гидрата и окружающей его среды.

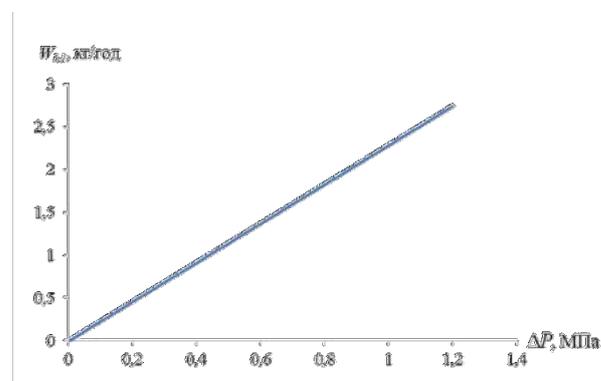


Рисунок 4. Зависимость скорости W_{h1} диссоциации гидрата метана при его статическом метастабильном состоянии от разности давлений ΔP

Figure 4. Dependence of the dissociation rate W_{h1} of methane hydrate under its static metastable state on the pressure difference ΔP

Зависимость получена для скорости W_{h1} диссоциации 1 кг шарообразного гидрата метана плотностью 913 кг/м³, от воздействия разности давлений $\Delta P = P_1 - P_2$, МПа ($P_1 = 2.7$ МПа), при температуре $T_2 = 272.65$ К поверхностного слоя толщиной $\delta = 1$ мм и коэффициенте диффузии газа через лед $D_{ice} = 10^{-11}$ м²/с.

Как видно из графика, диссоциация гидрата протекает достаточно медленно. При этом необходимо отметить, что ее скорость в процессе будет снижаться в связи с уменьшением объема и площади его поверхности. Если поверхностный слой льда накапливается, скорость процесса диссоциации также уменьшается. Поэтому ее действительные значения будут меньше, представленных на графике (рисунок 4), что согласуется с результатами экспериментальных исследований [11].

Если в газе, диффундирующем сквозь лед, имеются компоненты, из которых могут

образовываться новые гидраты, стабильные при давлении окружающей среды P_2 и условиях (1) и (8), то поверхностный слой будет состоять из смеси льда и нового гидрата – эффект консервации (рисунок 3, а₄). Расчет образования новых гидратов выполняется по методике [10].

Общее количество молекул газа N_G , диффундирующего через поверхностный слой, состоящий из смеси льда и нового гидрата, за счет разности давлений внутри гидрата и окружающей его среде рассчитывается из уравнения:

$$N_G = \frac{f \cdot \tau}{k_B \cdot \delta} \cdot (P_1 - P_2) \times \left[Y \cdot \frac{D_{ice}}{T_2} + (1 - Y) \cdot \frac{D_h}{T_2} \right] \quad (14)$$

где D_h – коэффициент диффузии газа через новый гидрат, м²/с; Y – доля газа, проходящего сквозь лед; $(1 - Y)$ – доля газа, проходящего сквозь гидрат.

Величины коэффициентов диффузии газа сквозь лед невелики, а через гидрат их значения еще меньше и составляют, например, для метана $(1 \div 7) \times 10^{-13}$ м²/с [12] в диапазоне температур 296.25–270.45 К, а для пропана $(10^{-14} - 10^{-15})$ м²/с [13] в диапазоне температур 275.15–277.25 К. Учитывая то, что коэффициенты диффузии газа сквозь гидрат на два порядка меньше, чем через лед, в уравнении (14) вторым слагаемым в квадратных скобках можно пренебречь и при инженерных расчетах диссоциации гидрата, находящегося в метастабильном состоянии, допустимо пользоваться уравнениями (10) – (13).

Если соблюдаются условие (7) и неравенство

$$T_2 > T_{ice} \quad (15)$$

то к гидрату из окружающей среды притекает тепло. Если при (15) удельное количество тепла q , кДж/кг, больше или равно сумме удельных энергий диссоциации гидрата E_{dis} и адиабатического расширения E_{exp} выделившегося при этом газа

$$q \geq E_{dis} + E_{exp} \quad (16)$$

то гидрат разлагается до жидкой воды и газа.

Величины E_{dis} и E_{exp} рассчитываются из уравнений:

$$E_{dis} = E_{des_I} + E_{des_{II}} - L_{h-ice_I} + L_{h-ice_{II}} + H_{ice} \cdot (n_I + n_{II}) \quad (17)$$

$$E_{exp} = X \cdot \frac{\gamma}{\gamma - 1} \cdot \frac{R_{const}}{M_G} \times T_2 \cdot \left[\left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right] \quad (18)$$

где E_{des_I} и $E_{des_{II}}$ – энергии десорбции, затрачиваемые на выделение газа из гидратных полостей кристаллических структур КС-I и КС-II, кДж/кг; L_{h-ice_I} и $L_{h-ice_{II}}$ – энергии трансформации гидратных структур КС-I и КС-II в лед, кДж/кг; H_{ice} – энергия плавления льда (330–340 кДж/кг); n_I и n_{II} – гидратные числа для гидратов кристаллических структур КС-I и КС-II; γ – показатель адиабаты для выделившейся газовой фазы (для многоатомных газов $\gamma \approx 1.2867$); $R_{const} = 8.314$ кДж/(кмоль×К) – универсальная газовая постоянная; M_G – молекулярная масса газовой фазы, выделяющейся из гидрата, кг/кмоль. Энергетические параметры в выражении (17) рассчитываются по методике [10].

За счет расширения выделяющегося газа температура на поверхности гидрата T_f приобретает величину, рассчитываемую по формуле:

$$T_f = T_2 \cdot \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}} \quad (19)$$

В случае

$$T_f > T_{ice} \quad (20)$$

вода остается в жидком состоянии.

Если температура на поверхности гидрата меньше или равна температуры образования льда

$$T_f \leq T_{ice} \quad (21)$$

то на поверхности гидрата за счет выделяющегося в процессе диссоциации холода образуется слой льда (рисунок 3, а₅), возможно, с содержанием нового гидрата (рисунок 3, а₆). Такой слой находится в динамически равновесном состоянии, т. е. он образуется с внутренней стороны диссоциирующего гидрата и тает под воздействием тепла окружающей среды. Проявляется эффект динамической консервации (рисунок 3, а₆). В случае образования на поверхности гидрата слоя из тающего льда и воды – эффект динамической самоконсервации (рисунок 3, а₅). Оба этих эффекта служат примером динамического метастабильного состояния гидрата.

Поскольку поверхностный слой образуется и тает, скорость диссоциации гидрата зависит от диффузионных процессов сквозь поверхностный слой и от теплового воздействия на него. В связи с тем, что для поверхностного слоя, находящегося в динамическом состоянии, характерны переходные явления, проявляющиеся в исчезновении его сплошности и ее восстановлении, математическое учесть диффузионные процессы в кинетике диссоциации очень сложно. Поэтому при описании кинетики процесса диссоциации принято то, что во время

этого процесса на гидрат влияют энергии тепла и депрессии. Скорость диссоциации гидрата при его динамическом метастабильном состоянии рассчитывается по формуле:

$$W_{h_2} = \frac{Q + \frac{(P_1 - P_2) \cdot V}{\tau_p}}{E_{dis} + E_{exp}} \quad (22)$$

где V – удельный объем 1 кг гидрата, m^3 , плотностью ρ_h , kg/m^3 ; τ_p – интервал времени, в течение которого происходило снижение давления от значения P_1 до величины P_2 , с; Q – тепло, притекающее из окружающей среды к гидрату, kJ/c :

$$Q = K \cdot f \cdot (T_2 - T_f) \quad (23)$$

где K – коэффициент теплопередачи, $Dj/(c \cdot m^2 \cdot K)$, зависящий от состояния и динамики среды, поверхностных (шероховатость, форма) и структурных (пористость, проницаемость) параметров гидрата.

Для оценки кинетики процесса диссоциации гидрата в этих условиях на рисунке 5 представлена графическая зависимость скорости W_h диссоциации 1 кг шарообразного гидрата метана плотностью $913 \text{ kg}/m^3$, от разности давлений P_1 и P_2 при $P_1 = 6.2 \text{ MPa}$, температуре окружающей среды 280 K и коэффициенте теплопередачи $10 \text{ Dj}/(c \cdot m^2 \cdot K)$ и времени $\tau = 10 \text{ c}$.

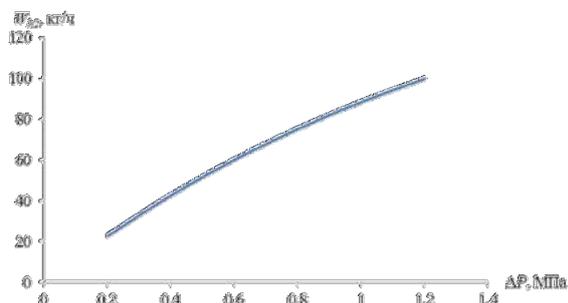


Рисунок 5. Скорость W_{h2} диссоциации гидрата метана при его динамическом метастабильном состоянии в зависимости от разности давлений ΔP

Figure 5. The W_{h2} dissociation rate of methane hydrate at its dynamic metastable state as a function of the pressure difference ΔP

Как видно из графиков на рисунке 4 и 5, скорость диссоциации гидратов, находящихся в статическом и динамическом метастабильных состояниях различаются. Причем, величина скорости диссоциации гидрата в динамическом метастабильном состоянии превышает скорость его диссоциации в статическом метастабильном состоянии более чем в 10^6 раз.

Основной особенностью диссоциации гидрата в условиях сохранения его механической целостности является то, что процесс происходит на его поверхности с разложением кристаллической структуры на газ и воду.

Если температура окружающей среды меньше температуры воды на линии ее равновесия жидкой и твердой фаз, то диссоциирующая поверхность переходит в статическое метастабильное состояние, проявляющееся в виде образования на ней льда и, возможно, нового гидрата – эффектов самоконсервации и консервации. Диссоциация гидрата в этом случае в основном происходит за счет диффузии газа сквозь лед. Поэтому статическое метастабильное состояние замедляет скорость диссоциации гидрата и способствует продлению времени его существования.

В случае, когда температура окружающей среды превышает температуру воды на линии ее равновесия жидкой и твердой фаз, диссоциирующая поверхность гидрата переходит в динамическое метастабильное состояние, характеризующееся таянием льда за счет тепла окружающей среды. В этом случае скорость диссоциации зависит от тепловой энергии и энергии депрессии. Поэтому ее величина существенно превышает скорость диссоциации гидрата в условиях статической метастабильности.

Депрессионный процесс механического разрушения и диссоциации гидрата

Процесс механического разрушения гидрата по всему объему за счет депрессионного воздействия (2) может не сопровождаться диссоциацией на молекулярном уровне (рисунок 3, б₁), если величина давления окружающей среды больше величины равновесного давления гидрата (б). В этом случае, скорость его разрушения, kg/c , выражается в виде:

$$W_{h_3} = \frac{V \cdot (P_1 - P_2)}{\tau_p \cdot \phi} \quad (24)$$

Механическое разрушение гидрата под действием депрессии может идти до частиц микрометрических размеров. Необходимо отметить, что частицы могут: находиться в свободном диспергированном состоянии, коалесцировать, образовывать конгломераты. В связи с чем, суммарная площадь f частиц, взаимодействующих с окружающей средой, в зависимости от их состояния может различаться на несколько порядков.

Дальнейшее уменьшение давления окружающей среды ниже величины равновесного давления гидрата

$$P_2 < P_{eq} \quad (25)$$

приводит к диссоциации механически разрушенного гидрата.

Когда температура окружающей среды меньше или равна температуре воды на линии ее равновесия жидкой и твердой фаз

$$T_2 \leq T_{ice}$$

и при превышении или равенстве удельной энергии депрессии суммы удельных энергий межкристаллитных связей ϕ , разложения кристаллической решетки гидрата E_{ice} и расширения E_{exp} выделяющегося из нее газа

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho_h} \geq \phi + E_{ice} + E_{exp} \quad (26)$$

$$E_{ice} = E_{des_1} + E_{des_{II}} - L_{h-ice_1} + L_{h-ice_{II}} \quad (27)$$

происходит диссоциация механически разрушенного гидрата до свободного газа и льда (рисунок 3, б₂).

При температуре окружающей среды, превышающей температуру воды на линии ее равновесия жидкой и твердой фаз

$$T_2 > T_{ice}$$

и удельной энергии депрессии большей или равной сумме удельных энергий межкристаллитных связей ϕ , диссоциации гидрата E_{dis} и расширения E_{exp} выделяющегося газа

$$\frac{P_1 - P_2}{\rho_h} \geq \phi + E_{dis} + E_{exp} \quad (28)$$

то процесс диссоциации происходит до свободного газа и жидкой фазы воды (рисунок 3, б₃).

Поскольку механическое разрушение гидрата может идти до частиц микрометрических размеров, выделяемые в процессе диссоциации лед и жидкая вода находятся в диспергированном состоянии (рисунок 3, б₂ и б₃).

Величины скоростей разрушения и диссоциации гидрата при условиях (26) и (28), соответственно, до льда и воды под воздействием депрессии рассчитываются по формулам:

$$W_{h_{ice}} = \frac{V \cdot (P_1 - P_2)}{\tau_P} + Q' \quad (29)$$

$$W_{h_{dis}} = \frac{V \cdot (P_1 - P_2)}{\tau_P} + Q' \quad (30)$$

В (29) и (30) Q' – тепло, притекающее из окружающей среды к частицам механически разрушенного гидрата в процессе их диссоциации, кДж/с:

$$Q' = f' \cdot K \cdot (T_2 - T_f) \quad (31)$$

где f' – суммарная площадь, м², частиц механически разрушенного гидрата, контактирующих с окружающей средой.

Для оценки кинетики процесса диссоциации механически разрушенного гидрата на рисунке 6 представлены графические зависимости скоростей $W_{h_{ice}}$ и $W_{h_{dis}}$ диссоциации гидрата метана с $\rho_h = 913 \text{ кг/м}^3$ и $\sigma = 1.5 \text{ МПа}$, от разности давлений P_1 и P_2 при исходном давлении $P_1 = 3.5 \text{ МПа}$, температурах окружающей среды, соответственно, 270 и 275 К, коэффициенте теплопередачи $100 \text{ Дж/(с} \times \text{м}^2 \times \text{К)}$ к суммарной площади частиц 1 м^2 и времени $\tau = 10 \text{ с}$.

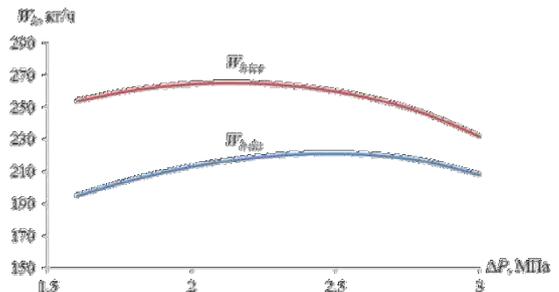


Рисунок 6. Скорость разрушения и диссоциации гидрата, соответственно, до льда $W_{h_{ice}}$ и воды $W_{h_{dis}}$ под воздействием депрессии ΔP

Figure 6. The rate of destruction and dissociation of the hydrate, respectively, to ice $W_{h_{ice}}$ and water under the influence $W_{h_{dis}}$ of depression ΔP

Как видно из графиков на рисунке 6, процесс разрушения и диссоциации гидрата до льда происходит интенсивнее, чем до жидкой воды в связи с тем, что при прочих равных условиях процесса удельные энергетические затраты на разложение кристаллической решетки гидрата до льда E_{ice} (27) меньше чем на диссоциации гидрата до жидкой воды E_{dis} (17). Значения скоростей на обоих графиках вначале растут, имеют максимум, а затем уменьшаются. Уменьшение скорости диссоциации объясняется тем, что с увеличением депрессии ΔP уменьшается температура T_f (19) на поверхности диссоциирующих частиц и интенсивно увеличивается количество энергии E_{exp} (18), затрачиваемой на расширение выделяющегося газа.

Механическое разрушение гидрата под действием депрессии может идти до частиц микрометрических размеров, взаимодействующих с окружающей средой. Частицы могут находиться в диспергированном состоянии, коалесцировать и образовывать конгломераты. В зависимости от агрегатного состояния частиц, их взаимодействие с окружающей средой осуществляется интенсивно или замедленно. Во время этого взаимодействия, если давление окружающей среды превышает равновесное давление гидратов, то диссоциации не происходит.

В противном случае, если имеет место диссоциация гидрата с выделением газа и перестроением кристаллической решетки до льда или жидкой воды. Такая диссоциация происходит в условиях превышения удельной энергии депрессии над суммой удельных энергий межкристаллитных связей, разложения кристаллической решетки и расширения газа, выделяющегося в этом процессе. Интенсивность процесса диссоциации механически разрушенного гидрата превышает скорость диссоциации его целого образца. Выявлено, что диссоциация гидрата до льда происходит интенсивнее, чем до жидкой воды, при этом обоих случаях скорость диссоциации вначале растет, имеет максимум, а затем уменьшается. Этот экстремум обусловлен влиянием интенсивного роста энергии, затрачиваемой на расширение газа, выделяющегося в процессе диссоциации в зависимости от депрессионного воздействия на гидрат.

Заключение

Разработанная модель охватывает особенности процесса диссоциации целостных и механически разрушенных гидратов. С ее помощью рассчитываются условия и кинетические параметры процессов механического разрушения и диссоциации гидратов от изотермического депрессионного воздействия; проявления статических и динамических метастабильных состояний механически целых диссоциирующих гидратов.

С ее помощью выявлено:

— статические метастабильные состояния механически целых гидратов возникают в условиях снижения давления окружающей среды меньше равновесного существования гидратов и при температуре окружающей среды, не превышающей температуру чистой воды на линии ее равновесия твердой и жидкой фаз;

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Якушев В.С., Истомин В.А. Особенности существования газовых гидратов в породах при отрицательных температурах // *Геохимия*. 1990. № 6. С. 899.
- 2 Davidson D.W., Carg S.K., Gough S.R., Handa Y.P. et al. Laboratory analysis of a naturally occurring gas hydrate from sediment of the Gulf of Mexico // *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1986. V. 50. № 4. P. 619.
- 3 Handa Y.P. Calorimetric determinations of the composition, enthalpies of dissociation and heat capacities in the range 85 to 270 K for clathrate hydrates of xenon and krypton // *J. Chem. Thermodyn.* 1986. V. 18. № 9. P. 891.
- 4 Zaporozhets E.P., Shostak N.A. Adsorption-Energy Model of the Kinetics of the Formation and Dissociation of Gas Hydrates // *Theor. Found. Chem. Eng.* 2015. V. 49. № 3. P. 306–312. DOI: 10.1134/S0040579515030173

— динамические метастабильные состояния механически целых гидратов характеризуются возникновением на диссоциирующей поверхности гидратов слоя льда, который тает под воздействием тепла окружающей среды;

— диссоциация гидратов в статических метастабильных состояниях происходит очень медленно, и они в таком состоянии могут существовать в течение длительного времени;

— диссоциация гидратов при динамических метастабильных состояниях более интенсивна, чем при статических;

— интенсивность процесса диссоциации механически разрушенного гидрата превышает скорость диссоциации его целого образца, причем диссоциация гидрата до льда происходит интенсивнее, чем до жидкой воды, при этом обоих случаях скорость диссоциации вначале растет, имеет максимум, а затем уменьшается.

Полученные при разработке модели физико-математические зависимости, связывающие параметры особенностей процесса диссоциации гидратов с текущими параметрами среды, а также с термобарическими условиями процесса их образования (т. е. с их «историей») могут быть использованы при решении практических задач по обеспечению надежности и бесперебойности функционирования систем нефтяной и газовой промышленности. Кроме того, полученные математические зависимости могут быть использованы при освоении перспективных запасов углеводородов, находящихся в гидратном состоянии в недрах и донных отложениях континентальных шельфов, а также для интенсификации добычи нефти и газа с использованием гидратных технологий.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-60108.

- 5 Трофимук А.А., Макогон Ю.Ф., Толкачев М.В., Черский Н.В. Особенности обнаружения разведки и разработки газогидратных залежей // *Геология и геофизика*. 1984. № 9. С. 3.

- 6 Войтковский К.Ф. Основы гляциологии. М.: Наука, 1999. 256 с.

- 7 Wagner W., Saul A., Pruss A. International Equations for the Pressure Along the Melting and Along the Sublimation Curve of Ordinary Water Substance // *Journal of Physical and Chemical Reference Data*. 1994. V. 23. № 3. P. 515.

- 8 Hori A., Hondoh T. Theoretical study on the diffusion of gases in hexagonal ice by the molecular orbital method // *Can. J. Phys.* 2003. V. 81. P. 251–259.

- 9 Истомин В.А., Якушев В.С. Газовые гидраты в природных условиях. М.: Недра, 1992.

10 Zaporozhets E.P., Shostak N.A. Method for Calculating the Parameters of Formation of Hydrates from Multicomponent Gases // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2016. V. 90. № 9. P. 1843–1848. DOI: 10.1134/S0036024416090338

11 Мельников В.П., Нестеров А.Н., Поденко Л.С., Решетников А.М. и др. Метастабильные состояния газовых гидратов при давлениях ниже давления равновесия лед-гидрат-газ // Криосфера Земли. 2011. Т. XV. № 4. С. 80–83.

12 Weiguo L., Qianqian L., Yongchen S. et al. Diffusion Theory of Formation of Gas Hydrate from Ice Powder without Melting // Energy Procedia. 2014. № 61. P. 513.

13 Шабаров А.Б., Ширшова А.В., Данько М.Ю. Экспериментальное исследование газогидратообразования пропан-бутановой смеси // Вестник ТюмГУ. 2009. № 6. С. 73.

REFERENCES

1 Yakushev V.S., Istomin V.A. Peculiarities of the existence of gas hydrates in rocks at negative temperatures. *Geokhimiya* [Geochemistry] 1990. no. 6. pp. 899. (in Russian).

2 Davidson D.W., Carg S.K., Gough S.R., Handa Y.P. et al. Laboratory analysis of a naturally occurring gas hydrate from sediment of the Gulf of Mexico. *Geochim. Cosmochim. Acta*. 1986. vol. 50. no. 4. pp. 619.

3 Handa Y.P. Calorimetric determinations of the composition, enthalpies of dissociation and heat capacities in the range 85 to 270 K for clathrate hydrates of xenon and krypton. *J. Chem. Thermodyn.* 1986. vol. 18. no. 9. pp. 891.

4 Zaporozhets E.P., Shostak N.A. Adsorption-Energy Model of the Kinetics of the Formation and Dissociation of Gas Hydrates. *Theor. Found. Chem. Eng.* 2015. vol. 49. no. 3. pp. 306–312. DOI: 10.1134/S0040579515030173

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгений П. Запорожец д.т.н., профессор, кафедра нефтегазового дела им. профессора Г.Т. Вартумяна, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350051, Россия, zep1945@inbox.ru

Никита А. Шостак к.т.н., доцент, кафедра нефтегазового дела им. профессора Г.Т. Вартумяна, Кубанский государственный технологический университет, ул. Московская, 2, г. Краснодар, 350051, Россия, nikeith@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгений П. Запорожец консультация в ходе исследования
Никита А. Шостак написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 07.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 08.05.2018

5 Trofimuk A.A., Makogon Yu.F., Tolkachev M.V., Chersky N.V. Features of detection of exploration and development of gas hydrate deposits. *Geologiya i geofizika* [Geology and geophysics] 1984. no. 9. pp. 3. (in Russian)

6 Voitkovskiy K.F. *Osnove glyatsiologii* [Fundamentals of glaciology] Moscow, Nauka, 1999. 256 pp. (in Russian).

7 Wagner W., Saul A., Pruss A. International Equations for the Pressure Along the Melting and Along the Sublimation Curve of Ordinary Water Substance. *Journal of Physical and Chemical Reference Data*. 1994. vol. 23. no. 3. pp. 515.

8 Hori A., Hondoh T. Theoretical study on the diffusion of gases in hexagonal ice by the molecular orbital method. *Can. J. Phys.* 2003. vol. 81. pp. 251–259.

9 Istomin V.A., Yakushev V.S. *Gazovye gidraty* [Gas hydrates in natural conditions] Moscow, Nedra, 1992 (in Russian).

10 Zaporozhets E.P., Shostak N.A. Method for Calculating the Parameters of Formation of Hydrates from Multicomponent Gases // Russian Journal of Physical Chemistry A, 2016, vol. 90, no. 9, pp. 1843–1848. DOI: 10.1134/S0036024416090338.

11 Melnikov V.P., Nesterov A.N., Podenko L.S., Reshetnikov A.M. Metastable states of gas hydrates at pressures below the ice-hydrate-gas equilibrium pressure. *Kiosfera Zemli* [Cryosphere of the Earth] 2011. vol. XV. no. 4. pp. 80–83 (in Russian).

12 Weiguo Liu, Qianqian Li, Yongchen Song [et al.]. Diffusion Theory of Formation of Gas Hydrate from Ice Powder without Melting. *Energy Procedia*. 2014. no. 61. P. 513.

13 Shabarov A.B., Shirshova A.V., Danko M.Yu. Experimental study of gas hydrate formation of propane-butane mixture. *Vestnik TyumGU* [Bulletin of Tyumen State University] 2009. no. 6. pp. 73.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgenii P. Zaporozhets Dr. Sci. (Engin.), professor, department of oil and gas business named after Professor G.T. Vartumyan, Kuban State Technological University, Moscovskaya str., 2 Krasnodar, 350051, Russia, zep1945@inbox.ru

Nikita A. Shostak Cand. Sci. (Engin.), associate professor, department of oil and gas business named after Professor G.T. Vartumyan, Kuban State Technological University, Moscovskaya str., 2 Krasnodar, 350051, Russia, nikeith@mail.ru

CONTRIBUTION

Evgenii P. Zaporozhets consultation during the study
Nikita A. Shostak wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.7.2018

ACCEPTED 5.8.2018

Исследование процессов плавления и кристаллизации жировых компонентов пралиновых масс

Игорь А. Саранов	¹	mr.saranov@mail.ru
Игорь А. Кузнецов	¹	kuza7771995@gmail.com
Ирина В. Кузнецова	¹	kuznetsovaiv@mail.ru
Газибег О. Магомедов	¹	mmg@inbox.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Исследованы процессы плавления и кристаллизации лауринового жира КС-35 и кокосового масла методом дифференциально-сканирующей калориметрии. Найдены диапазоны плавления и кристаллизации, а также тепловые эффекты этих процессов. Процесс кристаллизации кокосового масла происходит в интервале температур 13,1–17 °С, при этом выделяется тепла 118,3 Дж/г. Процесс кристаллизации лауринового жира КС-35 происходит в интервале температур 20,4–25,9 °С, при этом выделяется тепла 152,7 Дж/г. Лауриновый жир плавится в интервале 28,7–33,9 °С, в процессе данной эндотермической реакции поглощается 147,4 Дж/г. Температурный интервал и тепловой эффект плавления кокосового масла ниже (18,3–26,4 °С; 95,5 Дж/г). Снижение температур плавления и кристаллизации кокосового масла по сравнению с жиром лауриновым доказывает, что в состав кокосового масла входят большее число ненасыщенных кислот, кристаллизация и плавление которых происходит при более низкой температуре, чем насыщенных. В работе обоснована возможность использования данных ДСК для определения оптимальных параметров формования и резания пралиновых масс при производстве конфет типа пралине. Формование необходимо осуществлять после выдержки пралиновой массы в интервале температур 20 – 26 °С, при этом большая часть триглицеридов лауринового жира имеет твердое состояние, что позволяет отформованному пралиновому жгуту держать форму и не растекаться после выхода из матрицы. Резать пралиновые жгуты на конфеты целесообразно при температуре 13–16 °С, так как в данном диапазоне большая часть триглицеридов и кокосового масла имеет твердое состояние, что позволяет не сминать жгут и конфеты во время резки.

Ключевые слова: дифференциально-сканирующая калориметрия (ДСК), плавление, кристаллизация, кокосовое масло, лауриновый жир

Investigation of melting and crystallization processes of fat components of praline masses

Igor A. Saranov	¹	mr.saranov@mail.ru
Igor A. Kuznetsov	¹	kuza7771995@gmail.com
Irina V. Kuznetsova	¹	kuznetsovaiv@mail.ru
Gazibeg O. Magomedov	¹	mmg@inbox.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The processes of melting and crystallization of lauric fat KS-35 and coconut oil by the method of differential scanning calorimetry were studied. The process of crystallization of coconut oil takes place in the temperature range 13.1–15.9 °C, while heat is released 118.3 J/g. The process of crystallization of lauric fat KS-35 occurs in the temperature range 20.4–25.9 °C, with a heat release of 152.7 J / g. Lauric fat melts in the range of 28.7–33.9 °C, 147.4 J/g is absorbed during this endothermic reaction. Temperature interval, the heat effect of melting coconut oil is lower (18.3–26.4 °C, 95.5 J / g). Reduction of melting and crystallization temperatures of coconut oil in comparison with lauric fat proves that the composition of coconut oil includes a greater number of unsaturated acids, the crystallization and melting of which occurs at a lower temperature than saturated ones. In the paper, the possibility is of using DSC data for determining optimal parameters for forming and cutting praline masses in the production of praline candies. Forming should be done after holding the praline mass in the temperature range 20–26 °C, with most of the triglycerides of lauric fat having a solid state, which allows the molded praline tow to keep its shape and not spread after exiting the matrix. It is advisable to cut praline tows on candies at a temperature of 13 – 16 °C, since in this range most of the triglycerides and coconut oil have a solid state, which makes it possible not to crush the tourniquet and sweets during cutting.

Keywords: differential scanning calorimetric analysis (DSC), melting, crystallization, coconut oil, lauric fat

Введение

Конфеты пралине и типа пралине изготавливают из ореховой массы, состоящей из смеси тонкоизмельчённых орехов, сахарной пудры и твёрдого жира [1]. Они обладают высокой пищевой ценностью и калорийностью, а по химическому составу и некоторым физико-химическим свойствам имеют некоторое сходство с шоколадом. Содержание в них жира около 30%, 50–60% углеводов, а также значительное

Для цитирования

Саранов И.А., Кузнецов И.А., Кузнецова И.В., Магомедов Г.О. Исследование процессов плавления и кристаллизации жировых компонентов пралиновых масс // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 323–327. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-323-327

количество растительных белков, при этом содержание влаги не превышает 4%. Высококачественные виды пралиновых конфет изготавливают из сладкого миндаля и какао-масла. Обычные виды конфет вырабатывают из ядер кешью и кокосового масла или заменителей какао-масла. Для производства массовых видов пралиновых конфет (неглазированных батончиков) используют в основном ядра фундука или арахиса и кондитерский жир.

For citation

Saranov I.A., Kuznetsov I.A., Kuznetsova I.V., Magomedov G.O. Investigation of melting and crystallization processes of fat components of praline masses. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 323–327. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-323-327

По способу производства, технологическим процессам и возможности использовать аналогичное оборудование производство пралиновых конфет имеет много общего с производством шоколада. Наряду с этим производство пралиновых конфет имеет существенные особенности технологических параметров и режимов работы оборудования, обусловленных сложным взаимодействием жиров, входящих в состав тёртых ореховых масс, и твердых жиров, предусмотренных рецептурой. Эти жиры являются основными структурообразователями полуфабрикатов и изделий. От температуры плавления и застывания жиров, условий их кристаллизации зависят структурно-механические свойства конфетных масс при вымешивании, формовании и транспортировании, они определяют режимы и продолжительность охлаждения отформованных заготовок, допустимые нагрузки при транспортировании и завёртке изделий, условия и сроки хранения готовой продукции.

В зависимости от применяемого твёрдого жира конфетная масса пралине в температурном интервале от 21 до 33 °С имеет пластичную тестообразную консистенцию, обладающую формоудерживающей способностью. Поэтому пралиновые массы обычно формируют методом выпрессовывания конфетных жгутов с последующей их поперечной резкой [1].

В настоящее время при производстве кондитерских изделий дорогостоящее сырьё какао-масло заменяется на жиры – альтернативы какао-масла. Авторы [2] предлагают вводить в пралиновые массы твердый лауриновый жир КС-35, а также использовать жидкое кокосовое масло. Введение в массу пралине отечественного лауринового жира КС-35 взамен дорогостоящего какао-масла позволяет снизить себестоимость изделий. В своем составе твердый кондитерский жир КС-35 содержит насыщенную лауриновую кислоту (46–54%), а также ряд других ненасыщенных и насыщенных кислот. В составе жидкого кокосового масла содержится также лауриновая кислота (более 50%) и только ненасыщенные кислоты [3]. Комбинируя соотношения твердых и жидких жиров, можно получить массы с требуемыми свойствами: вязкостью, температурами плавления и застывания.

Методы термического анализа широко используются для идентификации, определения температур плавления и кристаллизации жировых компонентов. В работе [4] методами термического анализа проводили идентификацию состава эмульсионных жировых продуктов.

В работе [5] для определения температур плавления и кристаллизации жиров описан метод дифференциально-сканирующей калориметрии

(ДСК). Общим для всех жиров является то, что плавятся и кристаллизуются они в определенном интервале температур. Авторы [6,7] это объясняют тем, что жир состоит из разнокислотных триглицеридов, каждый из которых имеет свою температуру плавления и застывания. Кроме того, из-за наличия кристаллических модификаций триглицеридов температуры их плавления и застывания не совпадают. Температура застывания несколько ниже, чем температура плавления, т. к. триглицериды в зависимости от температурных условий и внешнего давления кристаллизуются в виде одной полиморфной формы, а при нагревании переходят в другую, более высокоплавкую.

Авторы [8] использовали мультивариантный статистический анализ для расчета результатов ДСК. В работе [3] методом ДСК определили температуры плавления и кристаллизации 17 образцов пищевого масла. Образцы масла, состоящие из насыщенных кислот (твердые жиры), обнаружили профили кристаллизации и плавления в областях с более высокой температурой, чем образцы растительных масел, состоящие из ненасыщенных кислот. При плавлении кокосового масла обнаружено три пика (-2,64; +12,42; 22,45 °С) и два пика кристаллизации (-0,7; -7,86 °С), соответствующие плавлению и кристаллизации различных фаз.

В работе [9] по данным термического анализа была разработана методика расчета лауриновых и пальмитиновых жировых смесей для получения желаемых функциональных свойств. При охлаждении лауринового жира обнаружено три пика кристаллизации различных фракций в пределах от -40 до 25°С.

В данном исследовании для определения температур плавления и кристаллизации кокосового масла и лауринового жира КС-35, используемых для создания пралиновых масс, применили метод дифференциально-сканирующей калориметрии.

Материалы и методы

Исследования проводили методом ДСК на установке синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter в алюминиевых тиглях, в среде газообразного гелия класса 5,0 (расход активного газа 50 мл/мин, расход защитного газа 20 мл/мин), печь медная.

Методика исследования процессов плавления жировых фракций методом ДСК состояла в следующем:

— алюминиевый тигель с образцом жира помещался на сенсор установки, где фиксировалась его масса;

— рубашка камеры медной печи охлаждалась жидким азотом для того, чтобы температура в камере печи и на сенсоре опустилась ниже предполагаемой температуры кристаллизации жира на 20–30 градусов;

— затем камеру печи нагревали со скоростью близкой к 5 °С/мин, при этом фиксировали значения разности тепловых потоков тигля с образцом и эталонного тигля.

Исследование процессов кристаллизации жировых фракций методом ДСК проводились по следующей методике:

— алюминиевый тигель с образцом жира, помещался на сенсор установки, где фиксировалась его масса;

— камера медной печи нагревалась до температуры на 20–25 градусов выше предполагаемой температуры кристаллизации, чтобы полностью расплавить образец;

— затем рубашку камеры печи охлаждали жидким азотом с определённым расходом, таким образом, чтобы скорость охлаждения была близкой к 5°С/мин.

Результаты и обсуждение

Рассмотрим процесс плавления кокосового масла и жира лауринового КС-35 (рисунок 1, 2).

При нагревании образцов жира появляется жидкая фаза. Этот процесс соответствует эндотермическому эффекту, который отражается на кривой ДСК (рисунок 1,2, кривые 2). Эндотермический эффект характеризуется температурами начала процесса плавления, пиком (максимальной скорости плавления), окончанием, и суммарным тепловым эффектом, представленными в таблице. Кривые скорости изменения теплового потока (dДСК) позволяют точно определить начало и окончание тепловых эффектов.

Кокосовое масло начинает плавиться при более низкой температуре (24,2 °С), чем лауриновый жир (34,2 °С); при этом теплоты поглощается меньше (95,5 Дж/г), чем при плавлении жира (147,4 Дж/г).

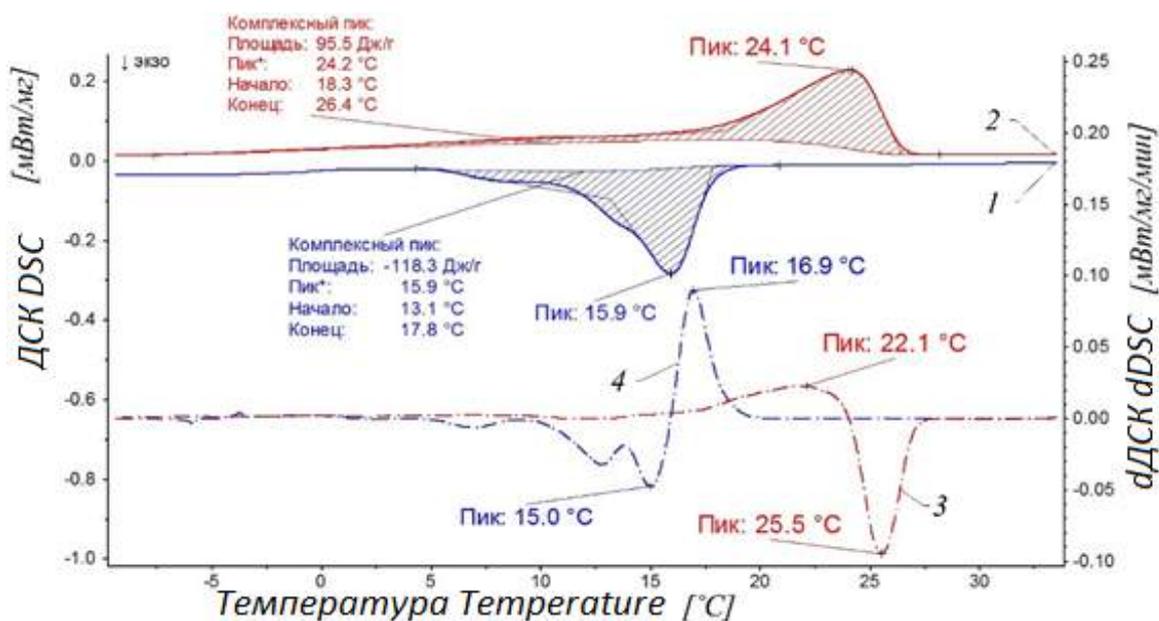


Рисунок 1. Термограмма кокосового масла: I – процесс кристаллизации; кривые 1-ДСК, 4 – dДСК; II – процесс плавления; кривые 2 – ДСК, 3 – dДСК

Figure 1. Thermogram of coconut oil: I – crystallization process; curves 1-DSC, 4 – dDSC; II – melting process; curves 2 – DSC, 3 – dDSC

При охлаждении расплавленных жиров в них происходит зарождение и рост кристаллов. Этот процесс сопровождается экзотермическим эффектом, который отражается на кривой ДСК (рисунок 1, 2, кривые 1). Экзотермический эффект характеризуется температурами начала, пиком (максимальной скорости кристаллизации), окончанием и суммарным тепловым эффектом, представленными в таблице. Кристаллизация кокосового масла происходит при более низкой температуре (температура комплексного

пика 15,9 °С), чем жира (23,4 °С); тепла при этом выделяется меньше (118,3 Дж/г), чем при кристаллизации жира (152,7 Дж/г). Это результат совпадает с выводами работы [9]; в состав кокосового масла входят ненасыщенные кислоты, кристаллизация которых происходит при более низкой температуре, чем у насыщенных. Процессы кристаллизации твёрдых и жидких жиров (какао масло, кондитерский жир, жиры-заменители) приводят к упрочнению структуры в рапиновых массах [1, 10].

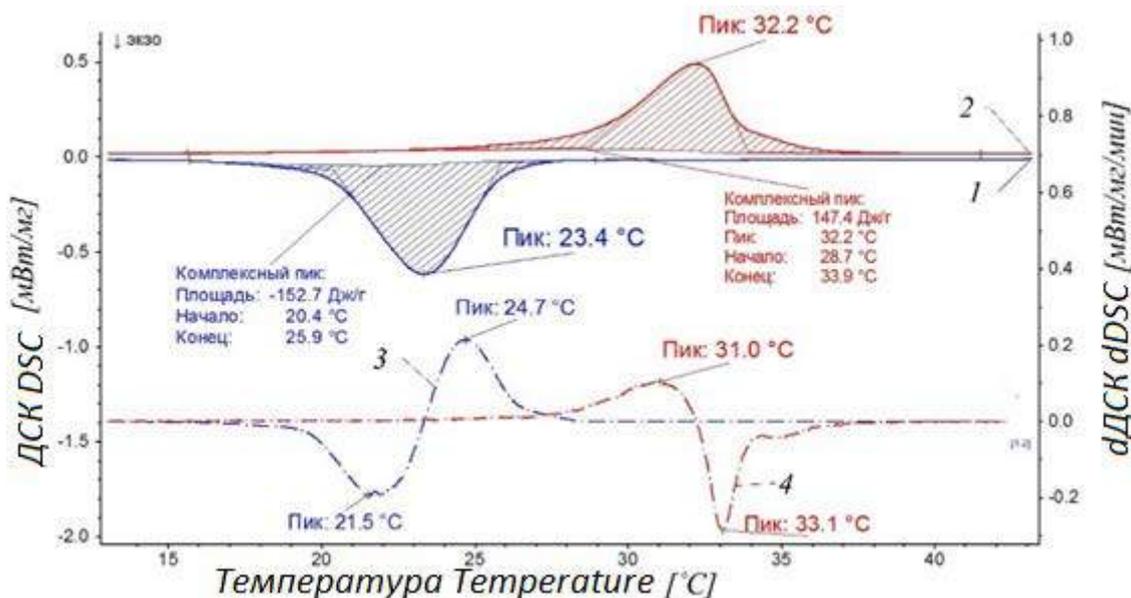


Рисунок 2. Термограмма жира лауринового КС-35: I – процесс кристаллизации; кривые 1-ДСК, 3 – dДСК; II – процесс плавления; кривые 2 – ДСК, 4 – dДСК

Figure 2. The thermogram of lauric fat KS-35: I – crystallization process; curves 1-DSC, 3-dDSC; II – melting process; curves 2-DSC, 4-dDSC

Фазовые превращения жиров

Таблица 1.

Phase transformations of fats

Table 1.

Образец Sample	Плавление (эндотермический эффект) Комплексный пик Melting (endothermic effect) Complex peak				Кристаллизация (экзотермический эффект) Комплексный пик Crystallization (exothermic effect) Complex peak			
	Начало Onset	Пик Peak	Окончание End	Тепловой эффект Thermal effect	Начало Onset	Пик Peak	Окончание End	Тепловой эффект Thermal effect
	°C	°C	°C	Дж/г	°C	°C	°C	Дж/г
Кокосовое масло Coconut oil	18,3	24,2	26,4	95,5	13,1	15,9	17	-118,3
Жир лауриновый КС-35 Lauric fat KS-35	28,7	32,2	33,9	147,4	20,4	23,4	25,9	-152,7

При одновременном введении лауринового жира и кокосового масла в конфетные массы необходимо принять во внимание, что в пределах 13,1–33,9 °С в смеси масел происходят процессы кристаллизации и плавления. Выявленные зависимости следует учитывать при формировании и резании пралиновых масс. Формование пралиновой массы следует осуществлять после того как в пралиновой массе образовалась структура, основанная только на кристаллизации жира лауринового при $t = 20-26^{\circ}\text{C}$, а резку жгутов пралиновой массы – после кристаллизации кокосового масла при понижении температуры до 13–16 °С.

Заключение

Кристаллизация и плавление кокосового масла происходит при более низкой температуре, чем лауринового жира. Для определения оптимальных температур в технологии формования и нарезки пралиновых масс при совместном введении лауринового жира и кокосового масла в конфетные массы необходимо учитывать, что в пределах 13,1–33,9 °С в смеси масел происходят процессы кристаллизации и плавления.

Благодарности

Исследования проведены на приборе синхронного термического анализа модели STA 449 F3 Jupiter в лаборатории центра коллективного пользования «Контроль и управление энергоэффективных проектов» ФГБОУ ВО «Воронежского государственного университета инженерных технологий» в рамках гос. задания 10.8678.2017/7.8

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Магомедов М.Г. Технология получения полуфабрикатов из сахарной свеклы и кондитерских изделий на их основе // Воронеж. ВГУИТ. 2015.143 с.
- 2 Патент РФ № 2630500. Масса пралине / Магомедов Г.О., Саранов И.А., Кочетов В.К. и др. Оpubл. 11.09.2017.
- 3 Tan C.P., Che Man Y.B. Differential Scanning Calorimetric Analysis of Edible Oils: Comparison of Thermal Properties and Chemical Composition // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2000. V. 77. № 2. P. 143–155.
- 4 Буданина Л.Н., Верещагин А.Л., Бычин Н.В. Применение методов термического анализа для идентификации состава эмульсионных жировых продуктов // Техника и технология пищевых производств. 2016. Т. 40. № 1. С. 103–108.
- 5 Chiavaro E. et al. Differential Scanning Calorimetry: Applications in Fat and Oil Technology // Taylor & Francis Group, LLC. 2015. 301 p.
- 6 Akta N., Kaya M. Detection of beef body fat and margarine in butter fat by differential scanning calorimetry // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. 2001. V. 66. № 3. P. 795–801.
- 7 Кузнецова Л.Н., Папченко В.Ю., Петик П.Ф., Демидов И.Н. Исследование пальмового масла методом ДСК // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. 2014. № 46 (2). С. 204–207.
- 8 Dahimi O., Rahim A.A., Abdulkarim S.M., Hassan M.S., et al. Multivariate statistical analysis treatment of DSC thermal properties for animal fat adulteration // Food chemistry. 2014. V. 158. P. 132–138.
- 9 Nusantoro B.P., Yanty N.A.M., Van de Wallea D., Hidayat C. et al. Calculation procedure for formulating lauric and palmitic fat blends based on the grouping of triacylglycerol melting points // Grasas y Aceites. 2017. № 68 (4). P. 1–12.
- 10 Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Магомедов М.Г., Саранов И.А., Кочетов В.К. Порошок из солодового ячменного концентрата для производства пралиновых конфет пониженной сахароемкости // Кондитерское производство. 2016. № 6. С. 27 – 30.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Игорь А. Саранов к.т.н., инженер-исследователь, Центр коллективного пользования, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 391036, Россия, mr.saranov@mail.ru
Игорь А. Кузнецов студент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuza7771995@gmail.com
Ирина В. Кузнецова к.т.н., доцент, кафедра неорганической химии и химической технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, kuznetsovaiv@mail.ru
Газибег О. Магомедов д.т.н., профессор, кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 49, г. Воронеж, 494046, Россия, mmg@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 19.02.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.05.2018

REFERENCES

- 1 Magomedov M.G. Technology of obtaining semi-finished products from sugar beet and confectionery products based on them. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET] 2015. 143 p. (in Russian).
- 2 Magomedov G.O., Saranov I.A., Kochetov V.K. et al. Massa praline [Mass praline] Patent RF, no 2630500, 2017. (in Russian).
- 3 Tan C.P., Che Man Y.B. Differential Scanning Calorimetric Analysis of Edible Oils: Comparison of Thermal Properties and Chemical Composition. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2000. no. 77(2). pp. 143–155
- 4 Budanina L.N., Vereshchagin A.L., Bychin N.V. Application of thermal analysis methods for identification of the composition of emulsion fat products. *Technique and technology of food production*. 2016. vol. 40. no. 1. pp. 103–108. (in Russian).
- 5 Chiavaro E. et al. Differential Scanning Calorimetry: Applications in Fat and Oil Technology. Taylor & Francis Group, LLC. 2015. 301 p.
- 6 Akta N., Kaya M. Detection of beef body fat and margarine in butter fat by differential scanning calorimetry. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*. 2001. vol. 66. no. 3. pp. 795–801.
- 7 Kuznetsova L.N. Papchenko V.U., Petic P.F., Demidov I.N. Investigation of palm oil by the method of DSC. *Scientific works of Odessa National Academy of Food Technologies*. 2014. no. 46 (2). pp. 204–207. (in Russian).
- 8 Dahimi O., Rahim A.A., Abdulkarim S.M., Hassan M.S. et al. Multivariate statistical analysis treatment of DSC thermal properties for animal fat adulteration. *Food chemistry*. 2014. no. 158. pp. 132–138.
- 9 Nusantoro B.P., Yanty N.A.M., Van de Wallea D., Hidayat C. et al. Calculation procedure for formulating lauric and palmitic fat blends based on the grouping of triacylglycerol melting points. *Grasas y Aceites*. 2017. no. 68 (4). pp. 1–12.
- 10 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Magomedov M.G., Saranov I.A. Powder from malt barley concentrate for the production of praline candies with reduced sugar content. *Confectionery*. 2016, no. 6. pp. 27–30. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Igor A. Saranov Cand. Sci. (Engin.), engineer, center of collective use, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 391036, Russia, mr.saranov@mail.ru
Igor A. Kuznetsov student, machines and apparatus of food production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuza7771995@gmail.com
Irina V. Kuznetsova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, inorganic chemistry and chemical technology department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, kuznetsovaiv@mail.ru
Gazibeg O. Magomedov Dr. Sci. (Engin.), professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 49 Voronezh, 494046, Russia, mmg@inbox.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.19.2018

ACCEPTED 5.4.2018

Экономика и управление

Оригинальная статья/Original article

УДК 360

DOI: <http://doi.org/10.20914/2310-1202-2018-2-328-334>

Опыт построения и управления системой охраны труда в учреждении здравоохранения

Екатерина С. Дашкова¹ dashkova 82@mail.ru
Наталья В. Дорохова² nv_dorohova@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет, ул. Хользунова, 40, г. Воронеж, 394068, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Управление системой охраны труда в любых организациях, а также в учреждениях здравоохранения, должно быть лишено формализма, что в настоящее время имеет место крайне редко и представлено лишь единичными практиками в некоторых организациях, чем подтверждается актуальность их изучения и обобщения накопленного опыта. Для анализа опыта управления системой охраны труда была использована действующая нормативно-правовая база федерального, отраслевого, регионального уровней, а также данные отчетности Воронежского областного клинического консультативно-диагностического центра по вопросам охраны и безопасности труда. Изучение опыта управления системой охраны труда в Воронежском областном клиническом консультативно-диагностическом центре позволило выявить этапы ее формирования, структуру действующей системы охраны труда и ее нормативную базу. Процесс построения системы охраны труда в Воронежском областном клиническом консультативно-диагностическом центре осуществлялся в два этапа. Первый этап – это создание структуры деятельности по охране труда. Второй этап – систематизация деятельности по охране труда и расширение локальной нормативно-правовой базы. Исследование авторов позволило сделать следующие выводы: в Воронежском областном клиническом консультативно-диагностическом центре отсутствуют случаи производственного травматизма и профессиональных заболеваний; медицинское учреждение активно и постоянно участвует в смотре-конкурсах на лучшую организацию работы по охране труда, получает призовые места. Воронежский областной клинический консультативно-диагностический центр имеет большое число почетных грамот, дипломов, ценных подарков за работу в области охраны труда. Авторы констатируют, что исследуемый подход к управлению системой охраны труда в Воронежском областном клиническом консультативно-диагностическом центре лишен формализма, является положительным и может быть транслирован в других организациях вне зависимости от их отраслевой принадлежности.

Ключевые слова: труд, охрана труда, безопасность труда, управление системой охраны труда, система здравоохранения

Experience in building and managing a labor protection system in a health care institution

Ekaterina S. Dashkova¹ dashkova 82@mail.ru
Nataliya V. Dorokhova² nv_dorohova@mail.ru

¹ Voronezh state University, Kholzunova str., 40, Voronezh, 394068, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Management of the occupational safety system in all organizations, as well as in health care institutions, should be devoid of formalism, which is now extremely rare and is represented only by isolated practices in some organizations, which confirms the relevance of their study and generalization of experience. For the analysis of experience of management of system of labor protection the operating normative legal base of Federal, branch, regional levels, and also data of the reporting of the Voronezh regional clinical consultative and diagnostic center concerning labor protection and safety was used. The study of the experience of management of the occupational safety system in the Voronezh regional clinical consultative and diagnostic center revealed the stages of its formation, the structure of the current occupational safety system and its regulatory framework. The process of building the occupational safety system in the Voronezh regional clinical consultative and diagnostic center was carried out in two stages. The first stage is the creation of a structure for labor protection. The second stage is the systematization of labor protection activities and the expansion of the local regulatory framework. The study of the authors allowed to draw the following conclusions: there are no cases of occupational injuries and occupational diseases in the Voronezh regional clinical consultative and diagnostic center; the medical establishment is actively and continuously involved in the contest for best organization of work on labor protection, gets the prizes. Voronezh regional clinical consultative and diagnostic center has a large number of diplomas, valuable gifts for work in the field of labor protection. The authors concluded that the study approach to the management of labor protection system in the Voronezh regional clinical consultative and diagnostic center devoid of formalism, is positive and can be used in other organizations regardless of their industry sector.

Keywords: labor, labor protection, labor safety, the management system of occupational safety, health

Для цитирования

Дашкова Е.С., Дорохова Н.В. Опыт построения и управления системой охраны труда в учреждении здравоохранения // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 328–334. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-328-334

For citation

Дашкова Е.С., Дорохова Н.В. Experience in building and managing a labor protection system in a health care institution. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 328–334. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-328-334

Введение

Современный мир труда характеризуется целым рядом позитивных изменений, таких как автоматизация и интеллектуализация труда, появление инновационных форм занятости, обогащение труда. Вместе с тем сохраняется целый ряд нерешенных проблем в социально-трудовой сфере, среди которых наиболее острой является охрана и безопасность труда. Согласно позиции МОТ, отраженной в Концепции достойного труда: «Понятие достойного труда воплощает в себе ожидания людей, связанные с их трудовой жизнью. Люди хотят работать в безопасных условиях – точно так же, как они стремятся к производительному труду, приносящему достойное вознаграждение. Достойный труд играет ключевую роль в борьбе с бедностью, он является средством для достижения справедливого и устойчивого развития на благо всех людей» [8].

Происходящие в Российской Федерации коренные социально-экономические преобразования, ориентированные на построение постиндустриальной экономики, актуализируют проблему обеспечения безопасности труда работников организаций. В связи с этим на всех уровнях государственной власти (федеральном, отраслевом, региональном) в настоящее время разрабатываются программы и реализуются мероприятия в рамках Концепции достойного труда. Поскольку здравоохранение представляет собой важнейшую часть нематериальной сферы, то: «государство должно быть заинтересовано в осуществлении социально-экономической защиты и охране труда медицинских работников. В конечном итоге от того, как удовлетворены потребности работников здравоохранения зависит эффективность их трудовой деятельности, от которой зависит здоровье всего населения, что в итоге влияет на социально-экономическое развитие страны в целом» [9].

Учитывая актуальность данной проблемы для всех уровней хозяйствования целью статьи явился анализ передового опыта построения и управления системой охраны труда учреждения здравоохранения. Для достижения цели были поставлены такие задачи как изучение организации системы охраны труда и имеющейся нормативной базы в АУЗ «Воронежский областной клинический консультативно-диагностический центр»; анализ деятельности центра по охране и безопасности труда.

Структура и управление системой охраны труда в организации

Под охраной труда понимается «система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая

правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия» [12]. «Структура системы охраны труда организации включает в себя следующие составные элементы:

- законодательная и нормативная база охраны труда;
- производственная санитария и охрана окружающей среды;
- техника безопасности;
- пожарная безопасность» [9].

Основными принципами, на которых должна строиться система охраны труда организации, являются:

1. Учет «безопасности труда» при принятии управленческих решений на всех уровнях управления (оперативном, тактическом, стратегическом) и на всех производственных стадиях.

2. Непрерывное совершенствование системы охраны труда и улучшение условий труда.

3. Подчиненность отдела охраны труда только руководителю организации и особая роль данной службы.

4. Всемерное содействие администрации развитию сотрудничества с работниками и их уполномоченными представителями в разработке политики охраны труда.

5. Учет свершившихся несчастных случаев, риска и производственных вредностей при разработке Программы безопасности труда.

6. Непрерывное обучение безопасности охраны труда всех работников.

7. Компетентность лиц, отвечающих за деятельность по охране и безопасности труда.

Управление системой охраны труда в организации исходит из следующих задач:

- организация работы по охране труда;
- контроль за соблюдением нормативно-правовой базы по охране труда;
- профилактика и предупреждение производственного травматизма и профессиональных заболеваний;
- улучшение условий труда;
- информирование и консультирование по вопросам охраны труда.

Оценка эффективности управления системой охраны труда осуществляется по двум параметрам: экономическому и социальному эффекту. При этом экономический эффект играет «подчиненную роль» по отношению к социальному эффекту. Социальный эффект выражается в сокращении численности занятых на работах во вредных и опасных условиях труда, снижении частоты производственного травматизма и профессиональных заболеваний, повышение удовлетворенности трудом и др.

Анализ опыта построения системы охраны труда в АУЗ ВО «ВОККДЦ»

В системе здравоохранения Воронежской области положения Концепции достойного труда реализуются достаточно активно. Учреждения здравоохранения Воронежской области в рамках соблюдения Трехстороннего соглашения на 2017–2019 гг. реализуют «продвижение и воплощение в жизнь базовых принципов достойного труда для планомерного совершенствования основных составляющих социально-трудовой сферы, таких как занятость, социальная защита, обеспечение трудящихся достойными условиями труда, производительность труда и его оплата» [13].

АУЗ ВО «Воронежский областной клинический консультативно-диагностический центр» является одним из крупнейших медицинских учреждений Воронежской области. Диагностический центр функционирует с 1991 года, специализируется на оказании высокотехнологичных медицинских услуг и занимает лидирующие позиции на рынке платных медицинских услуг региона. На настоящее время численность персонала составляет более 600 человек. С момента создания и по настоящее время вопросы охраны и безопасности труда персонала являются приоритетными для руководства диагностического центра, о чем свидетельствуют результаты их деятельности в этой области.

Проанализируем опыт построения системы охраны труда в АУЗ ВО «Воронежский областной клинический консультативно-диагностический центр».

На первоначальном этапе был создан отдел охраны труда и закреплена структура деятельности в этом направлении. Целью его создания выступила необходимость координации работы по охране труда, контроля за соблюдением законодательных и иных нормативных правовых актов по охране труда, совершенствования профилактической работы по предупреждению производственного травматизма, профессиональной заболеваемости, улучшению условий труда. Отдел создавался с учетом количества структурных подразделений и численности работающих, характера и условий труда, степени опасности производственных факторов, значительного количества сотрудников, которым необходимо проходить ежегодные медицинские осмотры и к которым предъявляются повышенные требования по безопасности труда. Общее руководство работой по охране труда было возложено на главного врача, а непосредственная организация работы и контроль за выполнением

мероприятий по охране труда – на начальника отдела охраны труда. Было разработано и утверждено Положение о начальнике отдела охраны труда, которое определяет задачи, обязанности и права, а также взаимоотношения с другими службами и должностными лицами центра.

Руководители структурных подразделений несли ответственность за создание и обеспечение на вверенных участках безопасного производства работ и соблюдение действующего трудового законодательства. Работа проводилась в соответствии с действующими нормативно-правовыми актами РФ, положением об организации работы по охране труда в учреждениях здравоохранения области, методических рекомендаций по организации и проведению оперативного контроля за состоянием охраны труда и другими нормативными документами.

Следующим этапом в развитии системы охраны труда АУЗ ВО «ВОККДЦ» стали систематизация деятельности по охране труда и расширение локальной нормативно-правовой базы.

В диагностическом центре была создана и аттестована комиссия по проверке знаний вопросов охраны труда. В комиссии прошли обучение и аттестацию заместители главного врача, все руководители структурных подразделений, уполномоченные (доверенные) лица по охране труда, инженерно-технический и электротехнический персонал, а также сотрудники, к которым предъявляются повышенные требования по охране труда.

Так, ежегодно стал издаваться приказ «Об организации работы по охране труда и пожарной безопасности», которыми определяется порядок проведения работы, ответственные должностные лица на каждом участке работы, назначаются необходимые комиссии. Разработаны, согласованы и утверждены в установленном порядке инструкции по охране труда для профессий и видов работ. Систематически стали проводится тренинги по обучению персонала безопасным приемам и методам работы. Главный врач, заместитель главного врача по хозяйственным вопросам и начальник отдела охраны труда прошли обучение и аттестацию по вопросам охраны труда.

Были включены в номенклатуру и постоянно оформляются установленной формы документы – оперативного учета работы по охране труда:

- журналы первой ступени оперативного контроля за состоянием охраны труда;
- журнал второй ступени оперативного контроля за состоянием охраны труда;

- журнал регистрации несчастных случаев на производстве;
- журнал инструктажа, присвоения первой квалификационной группы и проверки знаний у неэлектротехнического персонала;
- журнал учета занятий по программе пожарно-технического минимума и пожарные расчеты отделений добровольной пожарной дружины;
- протоколы, акты и т. д.

В центре была создана совместная комиссия из числа представителей администрации и профсоюзного комитета, в каждом отделе избраны полномочные лица по охране труда.

- Основными задачами этих органов являются:
- разработка программы совместных действий администрации и профсоюзного комитета по улучшению условий и охраны труда, предупреждению производственного травматизма и профзаболеваний;
 - осуществление контроля за состоянием условий труда в центре и за соблюдением законных прав и интересов работников в области охраны труда.

Таким образом, процесс построения системы охраны труда в АУЗ ВО «ВОККДЦ» может быть представлен в виде следующей схемы (рисунок 1).

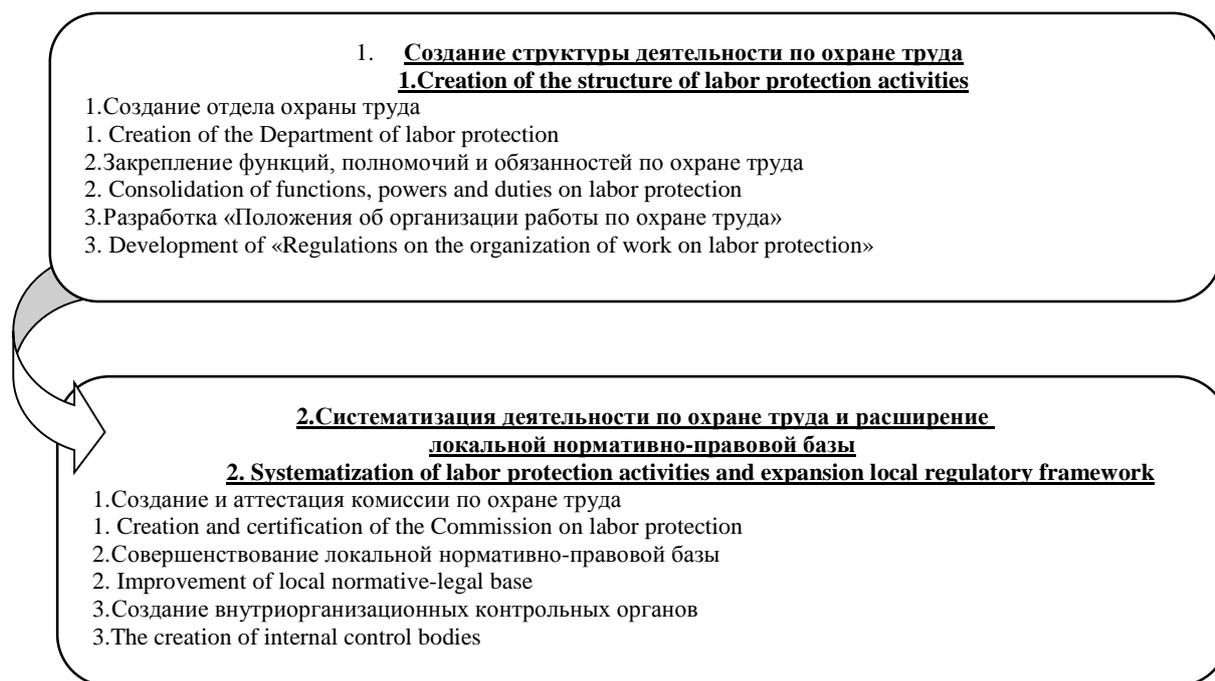


Рисунок 1. Этапы построения системы охраны труда в АУЗ ВО «ВОККДЦ»

Figure 1. Stages of construction of a labor protection system in the Higher Educational Institution

Управление системой охраны труда

В настоящее время выстроенная в диагностическом центре система охраны труда функционирует на основе Схемы управления охраной труда (СУОТ), целью которой выступает принятие управленческих решений по реализации мер, направленных на обеспечение безопасности труда.

Систематически проводятся занятия по различным аспектам охраны труда. Действует система материального стимулирования за успехи в создании безопасных условий труда. При отсутствии нарушений подразделению выделяется премиальный фонд.

Для непрерывного обновления знаний в области охраны и безопасности труда, а также знакомства с передовым опытом в данных

вопросах осуществляется подписка на периодические издания, приобретение через торговую сеть, использование фонда библиотек города, информация в Интернет и Консультант–Плюс. В диагностическом центре обновляются наглядные пособия и демонстрационные плакаты, имеются компьютерные программы по электробезопасности, по типовым инструкциям по охране труда, проверке знаний вопросов охраны труда и трудового законодательства.

Систематически проводится полная аттестация рабочих мест по условиям труда, а документация – установленную экспертизу.

Около 80% рабочих мест отнесены к I классу (оптимальный) и II классу (допустимый). Остальные рабочие места к III классу (вредный). Причем на рабочих местах, отнесенных к III классу, инструментально измеренные

уровни содержания вредных веществ в воздухе рабочей зоны не превышают допустимые. Однако, на основании гигиенических критериев оценки и классификации условий труда по показателям вредности и опасности факторов производственной среды при работе с возбудителями инфекционных заболеваний класс условий труда определяется как III (вредный) не зависимо от концентрации вредного вещества, т. к. возможен контакт с патогенными микроорганизмами, что на современном развитии техники и технологии исключить не представляется возможным.

Рабочие места в достаточной степени оснащены соответствующим оборудованием, аппаратурой, инструментами, знаками безопасности, защитными средствами и средствами пожаротушения. Оборудование эксплуатируется в соответствии с требованиями технической документации, профилактика оборудования проводится согласно годовых планов технического обслуживания и обеспечивает безопасную работу персонала и безопасность пациентов.

Средства измерений подвергаются метрологическому контролю в установленном порядке, для чего ведется оперативный учет средств измерений, составляются, согласовываются и утверждаются ежегодные графики метрологической поверки.

Ежегодно проводятся измерения сопротивления заземляющих контуров, сопротивления цепей «фаза-ноль» и сопротивления изоляции электрооборудования и силовых сетей. Измеренные параметры соответствуют установленным нормам.

С целью предупреждения возможных профессиональных заболеваний ежегодно проводятся медицинские осмотры, списки сотрудников согласовываются с центром Санэпиднадзора. Для организации и проведения этой работы приказом по центру определяются ответственные исполнители, определяется время проведения медосмотров, назначается комиссия.

При приеме на работу проводятся предварительные медосмотры с целью определения возможности допуска к профессии. В 2017 году медосмотры проведены со 100% охватом, профессиональных заболеваний не было выявлено.

Руководствуясь Региональной Программой «Развития здравоохранения в Воронежской области на 2013–2020 гг.» в центре проводится активная работа по совершенствованию условий и охраны труда. Итоги работы ежемесячно обсуждаются на служебных совещаниях, намечаются мероприятия по устранению выявленных недостатков, своевременно предоставляются отчеты о работе в Департамент здравоохранения Воронежской области.

В результате этих мероприятий активизировалась работа администрации, инженерно-технического персонала, руководителей структурных подразделений, службы охраны и профсоюзного комитета по совершенствованию условий и охраны труда на каждом рабочем месте. Вопросам улучшения условий и охраны труда только за последний год были посвящены два медицинских совета. В конце 2016 года разработана и утверждена на медицинском совете «Программа улучшения условий и охраны труда на 2017–2020 гг.», определены сроки выполнения мероприятий и ответственные исполнители [16–19].

Работа по организации системы охраны труда сопряжена со значительными финансовыми издержками. Так, администрацией центра ежегодно выделяются значительные суммы средств, полученных от предпринимательской деятельности на приобретение средств защиты от вредных факторов. В 2016 году было потрачено 626316 руб., а в 2017 году – 793333 руб. для приобретения средств индивидуальной защиты (специальная одежда и обувь, а также средства защиты рук, головы, лица, глаз, т. е. перчатки, защитные очки, маски и др.).

В соответствии с ежегодным планом среди сотрудников центра проводится иммунопрофилактика инфекционных заболеваний. Для ее проведения администрацией закупаются за счет средств, заработанных от предпринимательской деятельности только самые высококачественные вакцины, такие как «Ваксигрипп», «Инфлювак», «Энджерикс».

В 2016 году на цели иммунопрофилактики затрачено 90 тыс. руб. (использовалась вакцина «Гриппол Плюс»), а в 2017 – 174 600 руб. (использовалась вакцина «Ваксигрипп»). В план оздоровительных мероприятий кроме своевременного обследования и лечения входят также пребывания в домах отдыха, санаторно-курортное лечение. В 2016 году на эти цели было затрачено 635 тыс. рублей, а в 2017 году – 834 тыс. рублей. Дети сотрудников ежегодно отправляются в детские оздоровительные лагеря.

Главным результатом деятельности по охране труда является отсутствие случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний. Это стало возможным благодаря высокому профессионализму всех сотрудников центра, слаженной и целенаправленной работе администрации, инженерно-технического персонала, руководителей структурных подразделений, службы охраны труда и профсоюзного комитета центра. За время функционирования центра органом управления здравоохранения области, Обкомом профсоюза работников здравоохранения и администрацией

области проводились смотры-конкурсы на лучшую организацию работы по охране труда. Во всех конкурсах центр принимал активное участие и занимал призовые места, за что награждался почетными грамотами, дипломами, денежными премиями и ценными подарками.

Заключение

Исследования, проведенные авторами, позволяют сделать вывод о том, что научно обоснованный, лишенный формализма подход к построению и управлению системой охраны труда в учреждении имеет высокую социальную и экономическую эффективность, что подтверждается отсутствием случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

1 Азарнова Т.В., Гоголева Т.Н., Ляшенко И.Ю., Ярышина В.Н. Методики оценки и система контроля хозяйствующих объектов в области охраны труда // Инновационные доминанты социально-трудовой сферы: экономика и управление материалы ежегодной международной научно-практической конференции по проблемам социально-трудовых отношений (17 заседание). ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет»; Академия труда и занятости (Воронежское региональное отделение). 2017.

2 Березин И.И., Сомов С.С., Чигарина С.Е., Хайкин М.Б. Новое в нормировании микроклимата рабочих мест в учреждениях, осуществляющих медицинскую деятельность // Охрана труда и техника безопасности в учреждениях здравоохранения. 2017. № 9. С. 9–18.

3 Давыдова Е.В. Управление профессиональными рисками как часть системы охраны труда // Аналитический портал: Отрасли права. URL: <http://xn--7sbaj7auwnffhk.xn--p1ai/article/12899>.

4 Долженко Р.А. Инновации в системе управления персоналом организации // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 1(99). С. 149–153.

5 Дудинцева Н.В., Лотков В.С., Азовскова Т.А., Бабанов С.А. Факторы риска и профессиональных заболеваний медицинских работников лечебно-профилактических организаций // Охрана труда и техника безопасности в учреждениях здравоохранения. 2017. № 2. С. 11–17.

6 Ефремова О.С. Система управления охраной труда в организациях. М.: Издательство «Альфа – Пресс», 2009.

7 Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. М.: Дело, 2003.

8 Официальный сайт МОТ. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-europe/-ro-geneva/-sro-moscow/documents/genericdocument/wcms_312020.pdf

9 Охрана труда в учреждениях здравоохранения. URL: <http://amurprz.ru/okhrana-truda/organizatsiya-okhrany-truda-v-med-uchrezhdeniyakh/76-okhrana-truda-v-uchrezhdeniyakh-zdravookhraneniya>

Исследуемый авторами опыт по созданию и управлению системой охраны труда в учреждении здравоохранения, является положительным и может быть транслирован в других организациях вне зависимости от их отраслевой принадлежности.

Концепция достойного труда выступает основным ориентиром в деятельности по совершенствованию охраны труда и созданию безопасных условий труда на всех уровнях хозяйствования. «МОТ распространяет принципы достойного труда, продвигая охрану труда, а также работая в сфере занятости, социальной защиты, разработки трудовых стандартов, фундаментальных принципов и прав в сфере труда, развития социального диалога» [8].

10 Российская энциклопедия по охране труда: Т 3. 2-е изд. М.: Изд-во НИЦ ЭНАС, 2007.

11 Руководство по системам управления охраной труда. МОТ – СУОТ 2001 / ILOOSH 2001. Женева: Международное бюро труда, 2003.

12 Трудовой кодекс Российской Федерации. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/78f36e7afa535cf23e1e865a0f38cd3d230eef0/

13 Федченко А.А., Будникова Н.О. Взаимосвязь Концепции достойного труда и Стратегии социально-экономического развития // Вестник ВГУ. Серия: Экономика и управление. 2017. № 1.

14 Craig L. What's in Your Lunchbox? // Occupational Health and Safety Magazine. Canada. 2005. V. 28. № 3.

15 Rial-Gonzalez E., Copsey S., Paoli P., Schneider E. Priorities for Occupational Safety and Health Research in the EU-25 // European Agency for Safety and Health at Work. Luxembourg. 2005.

16 Serebryakova N.A., Dorokhova N.V., Isaenko M.I., Dashkova E.S. Directions of transformation of labor relations in the modern conditions // Journal of Applied Economic Sciences. 2016. V. 11. № 8. P. 1542-1551.

17 Fedchenko A.A., Kolesnikova O.A., Dashkova E.S., Dorokhova N.V. Methodological approaches to study of informal employment // Journal of Applied Economic Sciences. 2016. V. 11. № 7. P. 1281-1289.

18 Колесник Е.А. Рынок труда Российской Федерации и перспективы его развития в импортозамещающем производстве // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. №3. P. 375-384. DOI: 10.20914/2310-1202-2016-3-375-384

REFERENCES

1 Azarova T.V., Gogoleva T.N., Lyashenko I. Yu., Yaryshina V.N. Methods of estimation and control system of economic objects in the field of labor protection. Innovatsionnye dominaanty sotsail'no-trudovoi sfery: ekonomika I upravlenie [In the collection: Innovative dominants of the social and labor sphere: economy and management materials of the annual international scientific and practical conference on problems of the social and labor relations (17th meeting). Of the "Voronezh state University"; Academy of labor and employment (Voronezh regional branch)] 2017. (in Russian)

2 Berezin I.I., Somov S.S., Chigarina S.E., Khaikin M.B. New in the regulation of the microclimate of working places in institutions engaged in medical activities. *Okhrana truda I tekhnika bezopasnosti v uchezhdennyakh zdravookhraneniya* [Health and safety in health care institutions] 2017. no. 9. pp. 9–18. (in Russian)

3 Davydova E.V. Occupational risk Management as part of the occupational health and safety system. *Otrastli prava* [Analytical portal: Branches of law] Available at: <http://xn--7sbbaj7auwnffhk.xn--plai/article/12899>. (in Russian)

4 Dolzhenko R.A. Innovations in the personnel management system of the organization. *Vestnik Altaiskogo gosagrouniversiteta* [Proceedings of Altai state agrarian University] 2013. no. 1 (99). pp. 149–153. (in Russian)

5 Dudintsev N. V., Lotkov V.S., Azovskova T.A., Babanova S.A. Risk factors and occupational diseases of medical workers of treatment-and-prophylactic organizations. *Okhrana truda I tekhnika bezopasnosti v uchezhdennyakh zdravookhraneniya* [Health and safety in health care institutions] 2017. no. 2. pp. 11–17. (in Russian)

6 Efermova O.S. Sistema upravleniya okhranoi truda [Control System of labor protection in the organizations] Moscow, Publishing House "Alpha – Press", 2009. (in Russian)

7 Lopatnikov L.I. *Ekonomicheskii slovar'* [Economics and mathematics dictionary: Dictionary of modern economic science] Moscow, Business, 2003. (in Russian)

8 Ofitsial'nyi sait MOT [Official site of the ILO] Available at: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-europe/-ro-geneva/-sro-moscow/documents/genericdocument/wcms_312020.pdf (in Russian)

9 Okhrana truda v uchrezhdeniyakh zdravookhraneniya [Labor protection in health care] Available at: <http://amurprz.ru/okhrana-truda/organizatsiya-okhrany-truda-v-med-uchrezhdeniyakh/76-okhrana-truda-v-uchrezhdeniyakh-zdravookhraneniya> (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Екатерина С. Дашкова к.э.н., доцент, кафедра экономики труда и основ управления, Воронежский государственный университет, ул. Хользунова, 40, г. Воронеж, 394068, Россия, dashkova82@mail.ru

Наталья В. Дорохова к.э.н., доцент, кафедра торгового дела и товароведения, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nv_dorohova@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Екатерина С. Дашкова обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Наталья В. Дорохова написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 29.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 07.05.2018

10 Rossiiskaya ehtsiklopediya po okhrane truda [Russian encyclopedia of labor protection: T 3. – 2nd ed., Rev. and extra] Moscow, Publishing house of the NTS ENAS, 2007. (in Russian)

11 Rukovodstvo po sistemam upravleniya okhranoi truda [A guide to systems of Osh management. ILO – OSH 2001 / ILOOSH 2001] Geneva, International labour office, 2003. (in Russian)

12 Trudovoi kodeks RF [Labor Code of the Russian Federation] Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/78f36e7afa535cf23e1e865a0f38cd3d230eecf0/ (in Russian)

13 Fedchenko A.A., Budnikova N.O. Interrelation of the concept of decent work and the Strategy of socio-economic development. *Vestnik VGU* [Proceedings of VSU. Economics and management] 2017. no. 1. (in Russian)

14 Craig L. What's in Your Lunchbox? *Occupational Health and Safety Magazine*. Canada. 2005. vol. 28. no. 3.

15 Rial-Gonzalez E., Copsey S., Paoli P., Schneider E. Priorities for Occupational Safety and Health Research in the EU-25. *European Agency for Safety and Health at Work*. Luxemburg, 2005.

16 Serebryakova N.A., Dorokhova N.V., Isaenko M.I., Dashkova E.S. Directions of transformation of labor relations in the modern conditions. *Journal of Applied Economic Sciences*. 2016. vol. 11. no. 8. pp. 1542-1551.

17 Fedchenko A.A., Kolesnikova O.A., Dashkova E.S., Dorokhova N.V. Methodological approaches to study of informal employment. *Journal of Applied Economic Sciences*. 2016. vol. 11. no. 7. pp. 1281-1289.

18 Kolesnik E.A. The labor market of the Russian Federation and prospects of its development in import-substituting production. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2016. no. 3. pp. 375-384. DOI:10.20914/2310-1202-2016-3-375-384 (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ekaterina S. Dashkova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, labor economics and principles of management department, Voronezh state University, Kholzunova str., 40, Voronezh, 394068, Russia, dashkova82@mail.ru

Nataliya V. Dorokhova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, business and commodity science department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nv_dorohova@mail.ru

CONTRIBUTION

Ekaterina S. Dashkova review of the literature on an investigated problem

Nataliya V. Dorokhova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.29.2018

ACCEPTED 5.7.2018

Оценка эффективности государственной поддержки в сельскохозяйственных организациях Воронежской области

Зоя В. Гаврилова¹ opik-depni@yandex.ru
Светлана А. Рыжкова¹

¹ Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича, 26А, г. Воронеж, 394052, Россия

Реферат. Актуальность данного научного исследования определяется ведущей ролью государственной поддержки в эффективном функционировании сельскохозяйственных организаций Воронежской области. Цель статьи: изучить теоретические подходы и обосновать практические направления повышения эффективности государственной поддержки. При работе над статьей использовались следующие методы исследования: анализ и синтез, обобщение, сравнение, классификация. Авторами проанализированы такие понятия, как государственная поддержка, эффективность государственной поддержки; обоснованы цель, объект и предмет данного научного исследования. В научной работе выделены основные положения, на которые должна опираться оценка эффективности государственной поддержки в целом, а также вспомогательные показатели оценки эффективности государственной поддержки сельскохозяйственных организаций на уровне региона. В статье проведена классификация и анализ существующих методик количественной и качественной оценки эффективности государственной поддержки, часть из них была апробирована с применением имеющихся статистических данных для сельскохозяйственных организаций Воронежской области. В работе авторами проанализирована динамика объемов государственной поддержки сельскохозяйственных организаций и инвестиций в сельское хозяйство, лесное хозяйство, охоту по Воронежской области за 2011–2016 гг., представлена динамика относительных показателей интенсивности государственной поддержки в Воронежской области за этот же период, рассчитаны показатели эффективности государственной поддержки сельскохозяйственных организаций. В научной работе проведен расчет показателей и коэффициентов эффективности работы сельскохозяйственных организаций с учетом использования государственной поддержки в Воронежской области по методике С.Ю. Петровой и О.А. Фроловой. Сделан вывод о перспективах развития регионального АПК с учетом государственной поддержки.

Ключевые слова: государственная поддержка, эффективность, сельскохозяйственные организации, Воронежская область.

Evaluation of the state support effectiveness in the agricultural organizations of the Voronezh region

Zoya V. Gavrilova¹ opik-depni@yandex.ru
Svetlana A. Ryzhkova¹

¹ Research Institute of Economic and Organization Agrarian and Industrial Complex of the Central Black Earth of Russian Federation, Voronezh, Serafimovicha str., 26A, Voronezh, 394052, Russia

Summary. The relevance of the research is determined by the leading role of state support in the effective functioning of agricultural organizations of the Voronezh region. The purpose of the article is to study theoretical approaches and justify practical ways to improve the efficiency of state support. The following research methods were used in the work on the article: analysis and synthesis, generalization, comparison, classification. Results. The concepts of state support, the effectiveness of state support are analyzed by the authors. The purpose, object and subject of this research are justified. The main provisions on which the evaluation of the effectiveness of state support in General, as well as auxiliary indicators for assessing the effectiveness of state support of agricultural organizations at the regional level should be based, are highlighted in the scientific work. Classification and analysis of existing methods of quantitative and qualitative assessment of the effectiveness of state support are given in the article. Some of them were tested with the use of available statistical data for agricultural organizations of the Voronezh region. Dynamic of volumes of state support of agricultural organizations and investment in agriculture, forestry, hunting for the Voronezh oblast for 2011–2016 is analyzed by the authors. The dynamic of relative indicators of the intensity of state support in the Voronezh region for the same period is presented. Indicators of efficiency of the state support of the agricultural organizations are calculated. The calculation of the indicators and factors of effectiveness of agricultural organizations taking into account the use of state support in the Voronezh region based on the method of S. Y. Petrova and O. A. Frolova spent in scientific work. The conclusion about the prospects of development of the regional agro-industrial complex taking into account the state support is made.

Keywords: state support, effectiveness, agricultural organizations, Voronezh region

Введение

Поддержка государством агропромышленного комплекса в нашей стране является важной задачей. Государственная поддержка за прошедшие годы показала свои положительные результаты в Воронежской области и позволила приостановить отрицательные тенденции, наблюдающиеся в отраслях сельского хозяйства, наметить значительное движение к росту. Однако

невозможно решить все существующие и возникающие проблемы агропромышленной сферы своевременно. Данная отрасль деятельности людей является в достаточной мере инерционной и требует длительного временного подхода в достижении поставленных приоритетов, поэтому государство разрабатывает определенный перечень мер по привлечению в аграрный сектор

Для цитирования

Гаврилова З.В., Рыжкова С.А. Оценка эффективности государственной поддержки в сельскохозяйственных организациях Воронежской области // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 335–342. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-335-342

For citation

Gavrilova Z.V., Ryzhkova S.A. Evaluation of the state support effectiveness in the agricultural organizations of the Voronezh region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 335–342. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-335-342

экономики средств поддержки сельского хозяйства с участием государственных бюджетов различных уровней и внебюджетных фондов.

Целью настоящей работы является исследование существующих методов оценки эффективности государственной поддержки и возможность их применения для проведения такой оценки в сельскохозяйственных организациях Воронежской области.

В ходе настоящего исследования мы будем считать государственную поддержку одним из финансово-экономических факторов государственного регулирования АПК, включающим ассигнования из бюджетов всех уровней, дотации, компенсации [8] и т. д. Под государственной поддержкой мы подразумеваем совокупность мер, прежде всего, финансового характера, направленных на повышение эффективности функционирования аграрных предпринимательских структур, недостаточно высокий уровень которой определен объективными условиями развития сельскохозяйственной отрасли [4].

Эффективность – это, прежде всего, соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами, поэтому под эффективностью государственной поддержки АПК мы будем понимать соотношение между полученным эффектом (рост валовой стоимости сельскохозяйственной продукции, увеличение прибыли от её реализации) и вложенными средствами государственной поддержки.

Объектом настоящего исследования являются аграрные предпринимательские структуры, а именно сельскохозяйственные организации, т. к. они наиболее полно раскрывают информацию о себе в документах бухгалтерского учета и статистической отчетности.

Предметом научной работы выступают организационно-экономические отношения, возникающие в ходе реализации мероприятий по государственной поддержке сельскохозяйственных организаций и оценке их эффективности.

Проблемами оценки эффективности государственной поддержки занимались такие исследователи как Кокорев Н.А., Матчинов В.А., Мухина Е., Петрова С.Ю., Постникова Л.В., Прокофьева Н.В., Фролова О.А., Хоружий Л.И. и другие, однако ощущается недостаток работ, посвященных аспектам оценки эффективности государственной поддержки с учетом методологических и методических подходов, существующих в современной экономической науке.

Оценка эффективности государственной поддержки позволяет проводить мониторинг рационального использования бюджетных средств, выделять наиболее важные направления господдержки, увязывать интересы государства и сельскохозяйственных товаропроизводителей, поэтому тема исследования является весьма актуальной.

Основная часть

Государственная поддержка в сельскохозяйственных организациях постоянно эволюционирует, в связи с этим развиваются и методы оценки ее эффективности со стороны государства и предпринимательства. Мы согласны с точкой зрения исследователя Кремина А.Е., что в настоящее время методики можно разделить на следующие основные группы:

1. Прописанные в нормативно-правовых документах, ориентированных на поддержку и развитие сельскохозяйственных организаций.

2. Основывающиеся на анализе развития сельскохозяйственных организаций.

3. Базирующиеся на определении доли сельскохозяйственных организаций в региональном валовом продукте.

4. Имеющие конечным итогом оценки эффективности интегральный показатель.

5. Опирающиеся на анализ свободного входа на сельскохозяйственный рынок и снижения административных барьеров [7].

Специалистами «Организации экономического содружества и развития» была разработана методика «Основные методологические аспекты определения уровня государственной поддержки сельского хозяйства», которая базируется на сравнении с развитыми странами. Основное содержание данной методики заключается в регистрации всех денежных поступлений от потребителей сельскохозяйственной продукции через цены, а от налогоплательщиков через бюджет, также учтены другие формы перераспределения. Эта методика использует элементы макроэкономического анализа и нужна для оценки вмешательства государства и уровня эффективности его поддержки на федеральном уровне.

Всероссийский научно-исследовательский институт экономики, труда и управления в сельском хозяйстве (ВНИЭТУСХ) также разработал свою методику оценки эффективности использования бюджетных средств в сельском хозяйстве. Она основывается на оценке соотношения объемов совокупной поддержки и ее финансового результата. Источником информации для проведения такого рода анализа служат данные годовой бухгалтерской (финансовой) отчетности сельскохозяйственных организаций и материалы кадастровых работ.

Государство должно не просто выделять бюджетные средства, но и проводить мониторинг эффективности их использования. Для этой цели Минсельхоз России утвердил методику оценки эффективности использования бюджетных средств, выделяемых сельскохозяйственным товаропроизводителям в виде субсидий (протокол заседания Коллегии Минсельхоза России

от 18.06.2009 г.), которая нормирует сумму государственной поддержки из федерального бюджета. На основе интегрального анализа Минсельхоз РФ дает список критериев по оценке эффективности использования бюджетных средств, предоставляемых в виде субсидий. Основными показателями являются абсолютный прирост производства продукции сельского хозяйства в стоимостном выражении в сопоставимых ценах на 1 рубль субсидий, рост производства продукции растениеводства и животноводства в натуральном выражении, а также изменение урожайности и продуктивности по основным видам продукции. Показателями оценки выступают объем субсидий в расчете на 1 га сельхозугодий и уровень рентабельности реализованной сельскохозяйственной продукции [9].

В соответствии с приказом Министерства регионального развития РФ от 30 октября 2009 г. № 493 была утверждена методика расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов, рассчитанных на получение государственной поддержки за счет бюджетных средств Инвестиционного фонда Российской Федерации.

В данной методике экономическая эффективность регионального инвестиционного проекта оценивается по его возможности воздействовать на формирование валового регионального продукта и обеспечивать экономический рост. Показателем бюджетной эффективности выступает индекс бюджетной эффективности, а показателями социального эффекта, достижение которого планируется в результате претворения в жизнь регионального инвестиционного проекта, являются:

- снижение уровня безработицы среди населения в трудоспособном возрасте;
- повышение уровня обеспеченности населения благоустроенным жильем;
- улучшение состояния окружающей среды;
- повышение доступности и качества услуг населению в сфере жилищно-коммунального хозяйства, здравоохранения, транспорта, образования, культуры и т. д. [1].

Однако, расчет перечисленных выше показателей требует обладания достаточными объемами информации об объемах и сроках финансирования, что очень часто является коммерческой тайной.

Научный интерес представляет предложенный Креминым А.Е. подход к оценке эффективности государственной поддержки малого бизнеса в регионе [7], который можно перенести на сельскохозяйственные организации. Разработанная им методика позволяет определять

основные направления развития и совершенствования действующих механизмов государственной поддержки малого предпринимательства.

Ученые ВНИЭТУСХ и Уральской ГСХА также разрабатывали методы анализа эффективности использования бюджетных средств, выделяемых на поддержку сельского хозяйства. В соответствии с их методикой эффективность поддержки определялась на основе соотношения прироста продукции (валовой или товарной) и объема господдержки. По мнению авторов, используя эту методику, можно определить эффективность господдержки в разрезе районов или природно-климатических зон региона, организационно-правовых форм, по отдельным видам сельскохозяйственной продукции [5].

В ВИАПИ им А.А. Никонова была разработана модель, которая представляет собой прогноз, отражающий взаимосвязь между объемами государственной поддержки, выделяемыми по государственным программам и объемом произведенной продукции сельского хозяйства. В этой модели были учтены действующие государственные программы, затрагивающие такие вопросы, как:

- социальная инфраструктура на сельских территориях;
- система государственного информационного обеспечения в сфере сельского хозяйства и информационно-консультационная деятельность;
- участие союзов и ассоциаций производителей сельскохозяйственной продукции;
- приоритетные направления развития животноводства: субсидии на производство молока, поддержка овцеводства, субсидии на свиноводство, противозэпизоотические мероприятия;
- приоритетные направления развития растениеводства: поддержка элитного семеноводства, мелиоративные мероприятия, внесение минеральных удобрений;
- субсидии по инвестиционным кредитам, субсидии по краткосрочным займам, субсидии по кредитам для малых форм хозяйствования, вклады в уставной капитал Россельхозбанка;
- технологическая модернизация сельского хозяйства;
- снижения рисков сельскохозяйственной деятельности и развитие системы страхования;
- закупочные и товарные интервенции [3].

Научное исследование позволило выделить основные положения, на которые должна опираться оценка эффективности государственной поддержки в целом:

1. макроэкономические показатели эффективности (повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, уровень

протекционизма отечественных товаропроизводителей на агропродовольственном рынке, рост инвестиций на основе повышения инвестиционной привлекательности отрасли);

2. региональные показатели эффективности (укрепление и использование региональных конкурентных преимуществ, повышение инвестиционной привлекательности регионального АПК);

3. микроэкономические показатели эффективности (уровень доходов сельскохозяйственных производителей и стимулирование инновационной активности предпринимательских структур).

Вспомогательными показателями оценки эффективности государственной поддержки сельскохозяйственных организаций на уровне региона могут выступать:

- рост валовой добавленной стоимости в сельскохозяйственном производстве;
- рост инвестиций в агропромышленный комплекс;
- повышение производительности труда в сельскохозяйственном производстве;
- увеличение налоговых поступлений в бюджеты всех уровней;
- выравнивание уровня заработной платы работников, занятых в сельскохозяйственном производстве и других отраслях экономики;

- улучшение социальной и инженерной инфраструктуры села.

Мы полностью согласны с тем, что систему государственной поддержки следует формировать, принимая во внимание действующие целевые программы, с целью учета региональных особенностей, стимулирования приоритетных направлений развития сельскохозяйственного производства, формирования новых организационно-правовых форм хозяйствования и т. д.

Государственная поддержка – это не только защита интересов сельскохозяйственных товаропроизводителей, но и стратегический ресурс, позволяющий решать приоритетные задачи развития сельскохозяйственного производства на сельских территориях: устранение безработицы на селе, повышение уровня оплаты труда, создание новых рабочих мест, развитие социальной и инженерной инфраструктуры [10].

Оценим эффективность государственной поддержки в Воронежской области.

Прежде всего, проанализируем динамику объемов государственной поддержки сельскохозяйственных организаций и инвестиций в сельское хозяйство, лесное хозяйство, охоту за 2011–2016 гг. (рисунок 1).

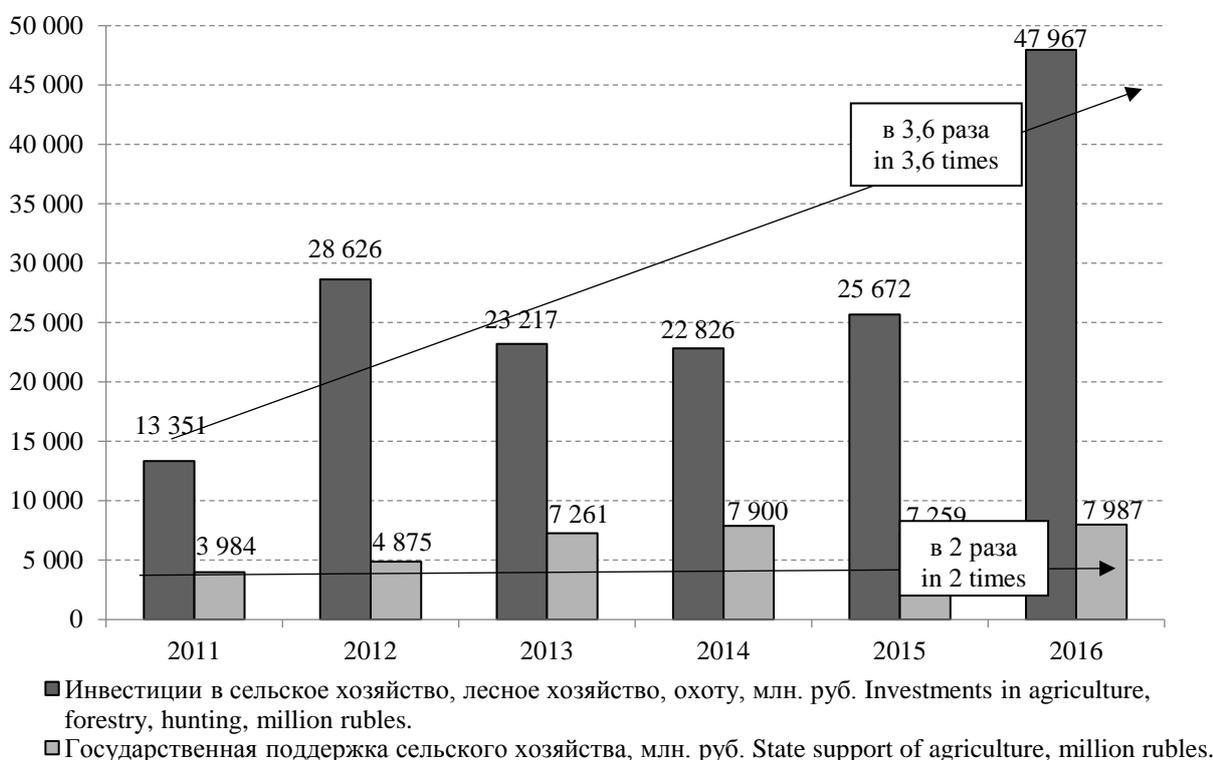


Рисунок 1. Динамика объемов государственной поддержки сельскохозяйственных организаций и инвестиций в сельское хозяйство, лесное хозяйство, охоту по Воронежской области за 2011–2016 гг.

Figure 1. Dynamics of state support of agricultural organizations and investments in agriculture, forestry, hunting in the Voronezh region for 2011–2016

За этот период инвестиции, по данным Росстата, увеличились в 3,6 раза, что связано, в первую очередь, с проектами в области отрасли мясного и молочного животноводства. Государственная поддержка сельскохозяйственных организаций, отраженная в бухгалтерской (финансовой) отчетности, увеличилась практически в 2 раза.

Анализ относительных показателей интенсивности государственной поддержки

в Воронежской области за 2011–2016 гг. (рисунок 2) показывает, что господдержка в расчете на одного работника увеличилась за указанный период на 102,1%, или 106,8 тыс. руб. на человека, господдержка на 1 га сельхозугодий выросла на 93,7%, или 1,5 тыс. руб. на гектар, а в расчете на 1000 руб. господдержка снизилась на 8,8%, или 7,5 тыс. руб.

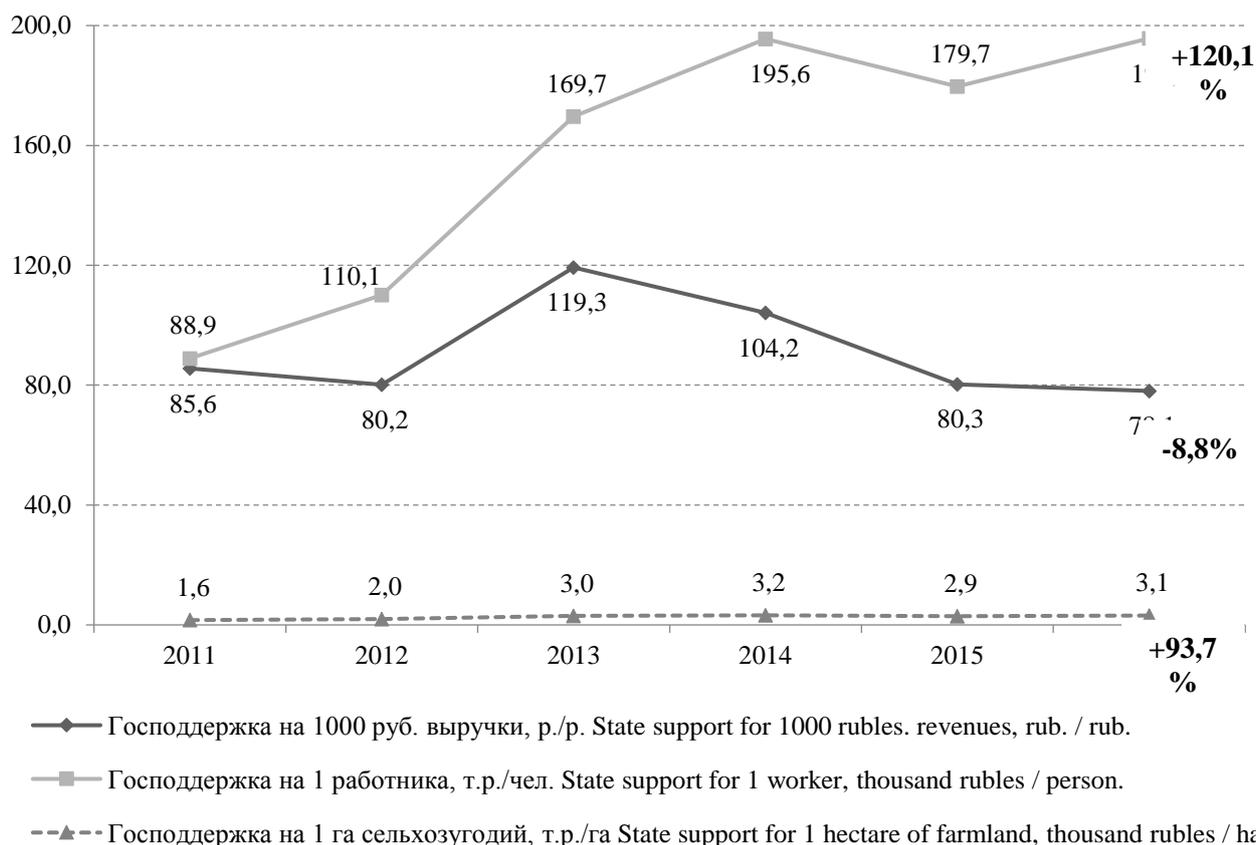


Рисунок 2. Динамика относительных показателей интенсивности государственной поддержки в Воронежской области за 2011–2016 гг.

Figure 2. Dynamics of relative indicators of the intensity of state support in the Voronezh region for 2011–2016

На рисунке 3 представлено изменение показателей эффективности государственной поддержки в Воронежской области за 2011–2016 гг.

Данные рисунка 3 показывают, что за указанный период, благодаря государственной поддержке, рентабельность продаж увеличилась на 11,5%, среднемесячная оплата труда возросла на 97,9%, или 11,7 тыс. руб., надой

на 1 корову за год вырос на 40,3%, или 1755 кг, урожайность наиболее востребованных сельскохозяйственных культур также увеличилась в среднем на 26,3%.

Рассчитаем эффективность функционирования сельскохозяйственных предприятий с учетом государственной поддержки в Воронежской области по методике, предложенной С.Ю. Петровой и О.А. Фроловой [11], в таблице 1.

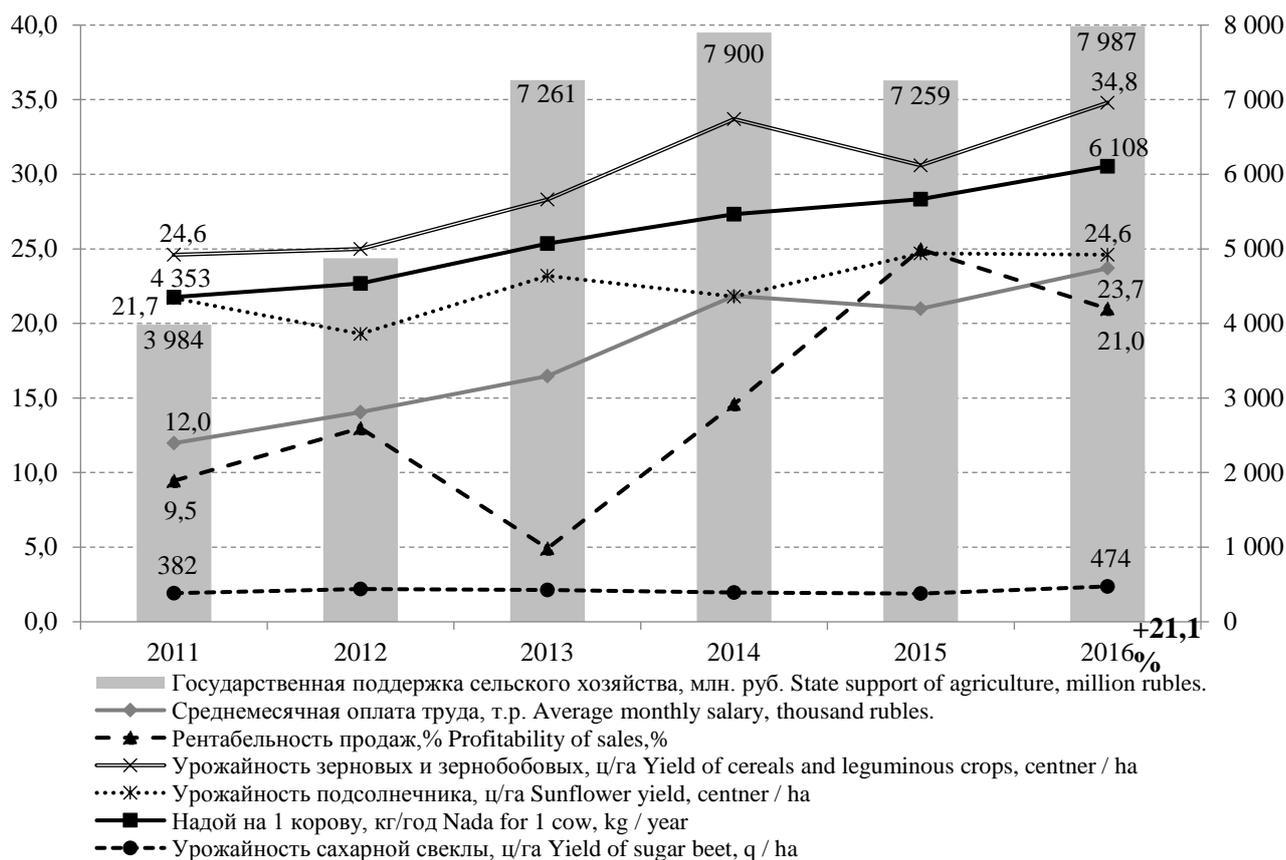


Рисунок 3. Показатели эффективности государственной поддержки сельскохозяйственных организаций в Воронежской области за 2011–2016 гг.

Figure 3. Effective indicators of state support of agricultural organizations in the Voronezh region for 2011–2016

Таблица 1.

Расчет показателей и коэффициентов эффективности функционирования сельскохозяйственных организаций с учетом использования государственной поддержки в Воронежской области

Table 1.

Calculation of effectiveness indicators and coefficients of the agricultural organizations functioning taking into account use of the state support in the Voronezh region

Годы Years	Прибыль от продукции сельского хозяйства за текущий год, млн руб. Profit from agricultural products for the current year, mln. RUB.	Прибыль от продукции сельского хозяйства за прошлый год, млн руб. Profit from agricultural products for the current year, mln. RUB.	Финансирование из бюджетов в текущем году, млн руб. Financing from budgets in the current year, RUB mln.	Агрегированный показатель господдержки, млн руб. Aggregate state support, RUB mln	Коэффициент эффективности работы сельскохозяйственных организаций с учетом господдержки (K) Coefficient of efficiency of work of the agricultural organizations taking into account state support (K)
2011	4 471,8	1 013,1	3 984,2	4 997,3	0,89
2012	6 573,0	4 471,8	4 875,3	9 347,1	0,70
2013	3 517,0	6 573,0	7 261,0	13 834	0,25
2014	10 677,4	3 517,0	7 900,2	11 417,2	0,94
2015	17 785,3	10 677,4	7 259,3	17 936,7	0,99
2016	18 652,6	17 785,3	7 987,6	25 772,9	0,72

Мы согласны с мнением авторов, что эффективность деятельности сельскохозяйственных организаций можно оценить в зависимости от значения коэффициента:

• $K \leq 0,3$ – неэффективное функционирование сельскохозяйственных организаций;

• $0,3 < K \leq 0,6$ – малоэффективное функционирование;

• $0,6 < K \leq 0,9$ – средняя эффективность функционирования;

• $K > 0,9$ – высокая эффективность функционирования.

Из данных таблицы 1 можно сделать вывод, что годами с наиболее эффективной государственной поддержкой деятельности сельскохозяйственных организаций были 2011, 2014, 2015, наименее эффективным был 2013 год.

Для стабильного развития регионального АПК государственная поддержка должна быть ориентирована на следующие направления:

- формирование государственного заказа на социально значимые виды сельскохозяйственной продукции (зерно, молоко и т. д.);
- финансирование целевых программ развития сельского хозяйства;
- наращивание лизингового и страхового компенсационного фондов по возмещению ставок по кредитам;
- поддержка социальной сферы на сельских территориях, научно-технического прогресса в аграрной сфере, учебно-опытных и экспериментальных хозяйств, работающих в области отечественного семеноводства и племенного дела;
- сохранение и повышение плодородия земель сельскохозяйственного назначения;

ЛИТЕРАТУРА

1 Приказ Министерства регионального развития РФ от 30 октября 2009 г. № 493 «Об утверждении Методики расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов, претендующих на получение государственной поддержки за счет бюджетных ассигнований Инвестиционного фонда Российской Федерации».

2 Ададимова Л.Ю., Полулях Ю.Г., Брызгалин Т.В. Корректировка государственной поддержки в корпорациях на принципах паритета // Развитие корпоративного бизнеса в АПК. Сб. науч. тр. ГНУ НИИЭОАПК ЦЧР России Россельхозакадемии. Воронеж, 2013. С. 74–77.

3 Бородин И.К. Совершенствование методов государственной поддержки сельского хозяйства России на основе программно-целевого подхода. М., 2014. 166 с. URL: <http://www.viapi.ru/download/2014/20141006-Borodindiss-166.pdf>

4 Градинарова Д.Е. Совершенствование государственной поддержки сельского хозяйства региона в современных условиях. URL: <http://www.rumvi.com/products/ebook/preview/preview.html> (дата обращения: 25.03.2018 г.).

5 Грудкин А.А. Оценка эффективности государственной поддержки сельского хозяйства // Никонские чтения. 2009. С. 341–343.

6 Климова Н.В. Совершенствование методики оценки эффективности государственной поддержки сельского хозяйства // Научно-издательский проект SWorld. URL: <https://www.sworld.com.ua/konfer31/189.pdf>

7 Кремин А.Е. Методика оценки эффективности государственной поддержки малого предпринимательства в регионе // Проблемы развития территории. 2017. № 3 (89). С. 46–61.

8 Кундиус В.А. Экономика агропромышленного комплекса. М.: Кнорус, 2013. 544 с.

- повышение качества ветеринарного обслуживания в сельской местности;
- активизация производства органической и экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Заключение

Восстановление сельского хозяйства Воронежской области на основе значительной государственной поддержки, а также применение антисанкционных мер позволило стабилизировать положение дел и активизировать развитие АПК, решить часть проблем с продовольственной безопасностью и обеспечить развитие смежных отраслей экономики.

Перспективы развития регионального АПК зависят от государственной поддержки сельскохозяйственной науки и аграрного образования, материально-технической и социальной базы учебно-опытных и экспериментальных хозяйств, чтобы обеспечить разработку и внедрение инноваций с целью стабилизации развития сельскохозяйственных организаций.

9 Новоселова С.А., Ефремов Р.А. Эффективность использования средств государственной поддержки в сельскохозяйственных организациях // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. № S5. С. 41–45. URL: <http://e-koncept.ru/2015/75090.htm>

10 Оценка эффективности государственной поддержки агропромышленного производства. URL: <http://institutions.com/agroindustrial/93-2008-06-12-13-22-25.html>

11 Петрова С.Ю., Фролова О.А. Оценка экономической эффективности работы сельскохозяйственных организаций с учетом использования государственной поддержки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2013. № 10 (108). С. 126–130.

12 Полушкина Т.М., Седова К.С. Оценка эффективности государственной поддержки производства сельскохозяйственной продукции в регионе // Фундаментальные исследования. 2014. № 5. Ч. 3. С. 560–564.

REFERENCES

1 Prikaz Ministerstva regional'nogo razvitiya RF ot 30 oktyabrya 2009 g. № 493 «Ob utverzhdenii Metodiki rascheta pokazatelej i primeneniya kriteriev e'ffektivnosti regional'ny'x investicionny'x proektov, pretenduyushhix na poluchenie gosudarstvennoj podderzhki za schet byudzhethny'x assignovaniy Investicionnogo fonda Rossijskoj Federacii». [Order of the Ministry of regional development of the Russian Federation of October 30, 2009 № 493 "About approval of The methodology for calculation of indicators and application of criteria for the effectiveness of regional investment projects applying for state support at the expense of budgetary appropriations of the Investment Fund of the Russian Federation"] (in Russian).

2 Adadimova L.Y., Polulyakh Yu. G., Bryzgalin T.V. Adjustment of the state support to corporations on the principles of parit. Razvitie korporativnogo biznesa v APK [Corporate business development in agriculture: collection of scientific works. Tr. State NIIEOAPK Central region Russian agricultural Sciences] Voronezh, 2013, pp. 74–77.(in Russian)

3 Borodin I.K. Sovershenstvovanie metodov gosudarstvennoj podderzhki sel'skogo khozyajstva Rossii na osnove programmno-celevogo podxoda [Improvement of methods of the state support of agriculture of Russia on the basis of program-target approach] Moscow, 2014. 166 p. Available at: <http://www.viapi.ru/download/2014/20141006-Borodin-diss-166.pdf> (in Russian)

4 Gradinarova D.E. Sovershenstvovanie gosudarstvennoj podderzhki sel'skogo khozyajstva regiona v sovremennyx usloviyax [Improvement of state support of agriculture in the region in modern conditions] Available at: <http://www.rumvi.com/products/ebook/preview/preview.html> (in Russian).

5 Grudkin A.A. estimation of efficiency of the state support of agriculture. *Nikonovskie chteniya* [Nikon readings] 2009. pp. 341–343. (in Russian).

6 Klimova N. V. Improving the methodology for assessing the effectiveness of state support for agriculture. *Nauchno-izdatel'skij projekt SWorld* [Scientific and publishing project SWorld] Available at: <https://www.sworld.com.ua/konfer31/189.pdf> (in Russian).

7 Kremin A.E. Methods of estimation of efficiency of the state support of small business in the region. *Problemy razvitiya territorii* [Problems of territory development] 2017, no. 3 (89). pp. 46–61. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Зоя В. Гаврилова к.э.н., ст.н.с., отдел Предпринимательства и кооперации, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района России, ул. Серафимофича, 26А, г. Воронеж, 394052, Россия, opik-depni@yandex.ru

Светлана А. Рыжкова мл.н.с., отдел Предпринимательства и кооперации, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района России, ул. Серафимовича, 26А, г. Воронеж, 394052, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Зоя В. Гаврилова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты
Светлана А. Рыжкова написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 23.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 24.04.2018

8 Kundius V.A. E'konomika agropromy'shennogo kompleksa [Economy of agro-industrial complex: a tutorial] Moscow, KnoRus, 2013. 544 p. (in Russian).

9 Novoselova S.A., Efremov R.A. Efficiency of use of means of the state support in the agricultural organizations. *Nauchno-metodicheskij e'lektronnyj zhurnal «Koncept»*. [Scientific and methodical electronic magazine "Concept"] 2015. no. S5. pp. 41–45. Available at: <http://e-koncept.ru/2015/75090.htm> (in Russian).

10 Ocenka e'ffektivnosti gosudarstvennoj podderzhki agropromy'shennogo proizvodstva [Evaluation of the effectiveness of the state support of agro-industrial production] Available at: <http://instituciones.com/agroindustrial/93-2008-06-12-13-22-25.html> (in Russian).

11 Petrova S. Yu., Frolova O.A. Estimation of economic efficiency of the agricultural organizations work taking into account use of the state support. *Vestnik altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Altai State Agrarian University] 2013. no. 10 (108). pp. 126–130. (in Russian).

12 Polushkina T.M., Sedova K.S. Evaluation of the state support agricultural production effectiveness in the region. *Fundamental'ny'e issledovaniya* [Fundamental research] 2014. no. 5. part 3. pp. 560–564. (in Russian).

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Zoya V. Gavrilova candidate of economical sciences, senior researcher, entrepreneurship and cooperation department, Research Institute of Economic & Organization Agrarian & Industrial Complex Russian Central Black Earth, Serafimovicha St., 26A Voronezh, 394052, Russia, opik-depni@yandex.ru

Svetlana A. Ryzhkova junior researcher, entrepreneurship and cooperation department, Research Institute of Economic & Organization Agrarian & Industrial Complex Russian Central Black Earth, Serafimovicha St., 26A Voronezh, 394052, Russia

CONTRIBUTION

Zoya V. Gavrilova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations
Svetlana A. Ryzhkova wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.23.2018

ACCEPTED 4.24.2018

Повышение эффективности земельных отношений как один из факторов развития агропромышленного комплекса

Ангелина О. Пашута¹ Lina760@yandex.ru

Нина К. Котелевская² Kotelevskaya@bk.ru

¹ Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича 26А, г. Воронеж, 394042, Россия

Реферат. В статье рассмотрено становление и развитие земельных отношений в период с 2000 по 2016 г. на примере Воронежской области. Показана необходимость земельной реформы, целью которой в сельском хозяйстве было преобразование земельных отношений, обеспечивающих эффективность использования земельных ресурсов. В статье показано, что поставленные задачи частично решены. К 2016 г. сформировались ОАО, АО, ЗАО, ООО, КФХ и др., Проанализированы современные организационно-правовые формы, в результате чего сделан вывод, что на данный момент преобладают общества с ограниченной ответственностью, они составляют 73,8%. Показаны результаты их работы за последние годы. Количество убыточных предприятий в 2016 г. по сравнению с 2005 г. снизилось в процентном отношении в 5,5 раза и составляет лишь 6%, а прибыльных – 94%. Размер прибыли за данный период возрос более чем в 10 раз. Рассмотрены их характерные особенности и недостатки. Отмечено, что повышению эффективности земельных отношений в немалой степени способствовали следующие условия: применение новых технологий, внедрение новых высокопродуктивных, сортов, рациональное использование удобрений, приобретение новой техники, соблюдение севооборотов, совершенствование кадровой политики и т. д. В ходе проведения земельных реформ не было уделено должного внимания правовому обеспечению механизма оптимизации использования земли, что серьезно тормозит развитие новых земельно-правовых отношений. Кроме того, ещё недостаточно сформирована материально-техническая база, не полностью восстановлена селекционная и племенная работа, имеются недостатки и в формировании финансово-кредитных отношений. Для более эффективного использования земельных ресурсов предложены ряд мероприятий по совершенствованию организационно-экономического механизма.

Ключевые слова: сельское хозяйство, аграрный вопрос, земельные отношения, земельные ресурсы, эффективность земельных отношений

Increase in efficiency of the land relations as one of factors of development of agro-industrial complex

Angelina O. Pashuta¹ Lina760@yandex.ru

Nina K. Kotelevskaya² Kotelevskaya@bk.ru

¹ Research Institute of Economy and Organization of Agro-industrial Complex of the Central Chernozem Region of the Russian Federation, Serafimovich St. 26A, Voronezh, 394042, Russia

Summary. In article formation and development of the land relations during the period from 2000 to 2016 on the example of the Voronezh region is considered. Need of a land reform which purpose in agriculture was a transformation of the land relations providing efficiency of use of land resources is shown. In article it is shown that objectives are partially solved. By 2016 joint stock companies, the joint-stock company, closed joint stock company, Ltd company, KFH, etc. were created, modern legal forms therefore the conclusion is drawn that limited liability companies at the moment prevail. Are analysed, they make 73,8%. Results of their work in recent years are shown. The number of the unprofitable enterprises in 2016 in comparison with 2005 has decreased in percentage terms by 5,5 times and is only 6%, and profitable – 94%. The profit size for this period has increased more than by 10 times. Their characteristics and shortcomings are considered. It is noted that increase in efficiency of the land relations was promoted in no small measure by the following conditions: use of new technologies, introduction new highly productive, grades, rational use of fertilizers, acquisition of the new equipment, observance of crop rotations, improvement of personnel policy, etc. During land reforms due attention hasn't been paid to legal support of the mechanism of optimization of use of the earth that seriously slows down development of new land legal relations. Besides, the material and technical resources are still insufficiently created, selection and breeding work isn't completely restored, there are shortcomings and of formation of the financial and credit relations. For more effective use of land resources a number of actions for improvement of the organizational and economic mechanism are offered.

Keywords: agriculture, agrarian question, land relations, land resources, efficiency of the land relations

Для цитирования

Пашута А.О., Котелевская Н.К. Повышение эффективности земельных отношений как один из факторов развития агропромышленного комплекса // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 343–350. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-343-350

For citation

Pashuta A O Kotelevskaya N K Increase in efficiency of the land relations as one of factors of development of agro-industrial complex. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 343–350. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-343-350

Введение

Актуальность рассматриваемой темы обусловлена тем, в силу ряда объективных и субъективных причин земельные ресурсы не используются в полной мере. Основной причиной этого является неэффективность земельных отношений, медленный переход земли к ответственным и эффективным собственникам и пользователям. Более того, ситуация настолько обострилась, что эти проблемы приобрели особую значимость, так как от этого зависит развитие не только аграрной экономики, но и всего народного хозяйства, обеспечение продовольственной и национальной безопасности страны.

Земля это один из четырех основных факторов производства. Под землей как фактором производства понимаются все природные ресурсы. Они могут быть использованы для производства товаров и услуг потребительского и производственного назначения: производство сельскохозяйственной и промышленной продукции, социальной и промышленной инфраструктуры, строительства жилья, населённых пунктов и прочей инфраструктуры.

После распада СССР сельское хозяйство, как и весь агропромышленный комплекс, претерпел глубокий кризис. Земля была поделена на паи между членами сельскохозяйственных организаций, однако условий для её обработки не было создано. У владельцев паёв не было ни материальных, ни финансовых ресурсов. Пахотные земли пустовали, отрасль животноводства была практически уничтожена. Только по Воронежской области к 2016 г. по сравнению с 2000 г. площадь землепользования в сельском хозяйстве сократилась более чем на 30%. А к 2005 г. площадь пашни сократилась практически в 2 раза, а посевная – 1,5 раза. Это привело к резкому сокращению валового производства практически всех сельскохозяйственных культур, так в частности, по зерновым культурам и сахарной свёкле произошло сокращение почти в 2 раза. В отраслях животноводства создалась более сложная ситуация. Производство молока сократилось более чем в 5 раз, мяса – 2,5 раза, яиц – почти в 3 раза. И как следствие не загруженность мощностей перерабатывающей промышленности.

Аграрный вопрос всегда был одним из самых сложных для России, обладающей огромным ресурсным потенциалом земель сельскохозяйственного назначения. Однако продолжающиеся уже более 20 лет земельные преобразования так и не создали условий

для рационального использования и охраны земель [3]. Это обусловило актуализацию проблемы продовольственной безопасности в стране. А вступление России в ВТО и санкции, которые наложил Запад, вынудили обратить внимание на сельскохозяйственное производство и перерабатывающую промышленность. Правительством были разработаны соответствующие программы и принято ряд постановлений, касающихся повышения эффективности работы агропромышленного комплекса. Проводимая аграрная реформа выдвинула на передний план земельные отношения, как определяющий элемент производственных отношений в сельском хозяйстве, возникающие между субъектами земельного права по поводу владения, пользования и распоряжения землей. Являясь базисом производственных отношений, земельные отношения активно влияют на развитие производительных сил, ускоряют или замедляют процесс производства. На развитие земельных отношений влияют организационные и экономические факторы, уровень воспроизводства продукции и ресурсов [1].

Результаты и обсуждение

В качестве результата земельной реформы следует выделить крупномасштабные перераспределения сельскохозяйственных угодий по формам собственности и по формам хозяйствования [2]. В ходе исследования, на примере Воронежской области, были проанализированы сложившиеся на данный период времени организационно-правовые формы сельскохозяйственных предприятий, их размеры и эффективность работы. За период с 2000 г. по 2016 г. произошло резкое изменение общего количества сельскохозяйственных предприятий и их структуры (таблица 1).

В таблице 2 показаны средние размеры сельскохозяйственных угодий, пашни и результаты их использования в различных организационно-правовых формах. Средний размер сельхозугодий в области 5400 га, пашни 4720 га. Наибольшую площадь сельхозугодий и пашни имеют ЗАО, наименьшую – КФХ. Распаханность сельхозугодий в области высокая и составляет 82–97,7%, однако пашня в некоторых предприятиях используется неэффективно (распаханные земли пустуют) в силу ряда причин. Это организационные (бесхозяйственность); недостаток материально-технической базы, отсутствие финансирования. Сегодня сельское хозяйство следует рассматривать не только как многоукладный сектор экономики, но и как смешанный сектор. При этом нельзя игнорировать тот факт, что сельхозпредприятия и личные хозяйства дополняют друг друга.

Таблица 1.

Структура организационно-правовых форм сельскохозяйственных предприятия Воронежской области за 2000–2016 гг. [6]

Table 1.

Structure of legal forms agricultural the enterprises of the Voronezh region for 2000–2016 [6]

Организационно-правовые формы предприятий/ Legal forms of the enterprises	2000 г.		2005 г.		2012 г.		2016 г.	
	Кол-во, шт./ Quantity, piece	%						
Открытые акционерные общества (ОАО)/Open Joint Stock Companies (OJSC)	20	2,7	34	5,3	17	3,2	10	2,1
в т.ч. 100% федеральная собственность/ including 100% federal property	–	–	–	–	3		-	
Акционерные общества/ Joint-stock companies	–	–	–	–	–		11	2,3
Закрытые акционерные общества (ЗАО)/Closed Joint Stock Companies (CJSC)	78	10,4	84	13,1	61	11,4	35	7,3
Общества (товарищества) с ограниченной ответственностью (ООО)/ Societies (association) with limited responsibility (Ltd company)	8	1,1	319	49,8	380	70,9	352	73,8
Сельскохозяйственные производственные кооперативы (СПК)/ Agricultural production cooperatives (joint project company)	46	6,2	33	5,2	14	2,6	11	2,3
Коллективные предприятия / Collective enterprises			2	0,3	1	0,2	-	-
Государственные унитарные предприятия (ГУП)/ State unitary enterprises	15	2,0	10	1,6	4	0,7	4	0,8
в т.ч. федеральные/ including federal			2	0,3	4		4	0,8
Прочие организации/ Other organizations	580	77,6	158	24,7	59	11,0	54	11,3
в т. ч. крестьянские фермерские хозяйства (КФК)/ including country farms (KFK)	–	–	–	–	–	100,0	11	2,3
Всего/ In total	744	100,0	640	100,0	536	100,0	477	100,0

Таблица 2.

Средний размер сельскохозяйственных угодий и пашни в 2016 г.[9]

Table 2.

The average size of agricultural grounds and an arable land in 2016 [9]

Показатели/Indicators	ОАО	АО	ЗАО	ООО	СПК	Прочие орг-ции/ Other organizations	(КФХ)/ (PEASANT FARM)	Всего/ In total
Средний размер с/у, га / Average size of agricultural grounds, hectare	3700	4963	7421	6237	4153	3302	1919	5400
Средний размер пашни, га / Average size of an arable land, hectare	3030	4596	6161	5543	3675	2606	1692	4720
% пашни к с/у / Arable land % to agricultural grounds	82	93	83	97,7	83,5	96,5	88,2	87,4
% использования пашни / % of use of an arable land	91	72	80	80,5	92,8	91,2	87,9	81,7

Меры, предпринимаемые правительством по стабилизации земельных отношений, дали положительные результаты. Количество убыточных предприятий в 2016 г. по сравнению с 2005 г. снизилось в процентном отношении в 7,6 раза и составляет лишь 6%, а прибыльных – 94%.

Размер прибыли за данный период возрос более чем

в 10 раз. В разрезе организационно-правовых форм в 2016 г. наилучшие результаты имели сельскохозяйственные производственные кооперативы (СПК), ими получено на 1 га сельскохозяйственных угодий 24,7 тыс. руб. (таблица 3). Наихудшие показатели имели открытые акционерные общества, ими получено на 1 га сельскохозяйственных угодий 4,0 тыс. руб. прибыли.

Таблица 3.

Финансово-экономические результаты работы сельскохозяйственных предприятий по организационно-правовым формам по Воронежской области за 2005, 2012 и 2016 гг. [9]

Table 3.

Financial and economic results of work of the agricultural enterprises for organizationally legal forms on the Voronezh region for 2005, 2012 and 2016 year [9]

Показатели	ОАО	АО	ЗАО	ООО	СПК	ГУП	Пр. ор-ганиз./ Other organizations	(КФХ) (PEASANT FARM)	Всего/ In total
2005 г.									
Количество прибыльных х-в / number of profitable farms	20	–	58	234	19	5	88	–	426
Количество убыточных х-в / Number of unprofitable farms	14	–	26	85	14	5	70	–	214
Получено прибыли (убытка), млн. руб. / Profits (loss), one million rubles is received	87,2	–	136,3	18,5	59,6	–35,5	–76,5	–	189,8
2016 г.									
Количество прибыльных х-в / Number of profitable farms	8	11	31	331	11	4	53	11	449
Количество убыточных х-в / Number of unprofitable farms	2	–	4	11	–	–	1	–	28
Получено прибыли (убытка), млн. руб. / Profits (loss), one million rubles is received	132,8	274	1378,1	15518	820,0	8,0	805,4	126	19070,3
Получено прибыли на 1 га с/у, тыс. руб. / It is received profits on 1 hectare of agricultural grounds of thousands of rubles	4,0	7,9	5,8	8,1	24,7	–	4,9	6,7	7,4

Проведенные исследования свидетельствуют о значительном улучшении положения в агропромышленном комплексе. Продукция сельского хозяйства Воронежской области в хозяйствах всех категорий (в фактически действовавших ценах) за последние пять лет к 2016 г. выросла в 1,6 раза [7], а перерабатывающей промышленности за аналогичный период в 2,3 раза [6]. Кроме того, отрасли перерабатывающей промышленности из убыточных перешли в рентабельные. Из них выделяется сахарная промышленность, рентабельность которой составляет 35%. Отсюда следует вывод, что повышение эффективности сельскохозяйственного производства способствует улучшению положения и в перерабатывающей промышленности.

Однако, на наш взгляд, в ходе проведения земельных реформ не было уделено должного внимания правовому обеспечению механизма оптимизации использования земли, что серьезно тормозит развитие новых земельных отношений.

Происходящие негативные процессы в области использования земли, определяющие сокращение площадей, ухудшение качества сельскохозяйственных угодий, необоснованное изъятие наиболее плодородных земельных участков, вызваны недостатками проводимой аграрной политики, бессистемностью экономических, проектных, правовых, экологических и социальных мер, составляющих организационно-экономический механизм земельной реформы, ядром которой являются земельные отношения.

Земельная реформа и земельные отношения должны предопределять формирование, становление и развитие организационно-правовых форм производства, поскольку земельные отношения обуславливаются не только производительными силами земли и экономикой, но и политическими и идеологическими факторами. Эффективное функционирование организационно-экономического механизма земельных отношений невозможно без государственного земельного кадастра [10].

Государственное регулирование земельных отношений

Государственное регулирование земельных отношений осуществляется при помощи организационно-экономического механизма, включающего, как организационные, так и экономические меры. К организационным мерам относятся: зонирование сельских территорий, землеустройство, установление пределов размера земельного участка, применение экологически чистых технологий, селекционная работа, обеспечение материально-технической базы, соблюдение системы севооборотов и др.

К концу 2016 г. межевание на общей сельскохозяйственной земельной площади было произведено лишь на 50%, а сельскохозяйственных угодий – на 51%. Из общей площади сельскохозяйственных угодий 28,2% находится в собственности, а 71,8% в аренде. Для более успешного и эффективного использования земельных отношений необходимо чтобы у земли появился собственник, отвечающий за её эффективное использование.

Размер земельного участка колеблется от нескольких гектаров в крестьянско-фермерском хозяйстве до 15–20 тыс. га в крупном объединении.

В погоне за прибылью многие сельскохозяйственные производители используют гербициды и стимуляторы роста, нарушая нормативы использования в 1,5–2 раза.

В 2016 г. количество сельскохозяйственной техники по сравнению с уровнем 2005 г. сократилось на 20%, хотя за последние годы наблюдается их незначительный рост. На 100 га пашни в Воронежской области в 2016 г. приходится 172,5 л.с. энергетических мощностей в целом.

Необходимо обратить внимание на кадровое обеспечение работников сельского хозяйства, в связи с совершенствованием сельскохозяйственной техники, так как кадровый состав механизаторов остается на прежнем уровне. По-прежнему актуальными остаются вопросы повышения их квалификации.

После распада СССР селекционная работа и в целом отрасль семеноводства были практически свёрнуты, в настоящее время их восстановление идёт очень медленно. В основном используются сорта зарубежных селекций, которые не всегда соответствуют данным погодным условиям. Поэтому одной из мер по улучшению использования ресурсного потенциала является создание новых районированных сортов.

Имеются серьёзные нарушения и в соблюдении системы севооборотов и структуре посевных площадей. Площадь зерновых в структуре посевных площадей занимает 46–48%, что значительно ниже нормативов для данной зоны (55–60%). Пропашные культуры занимают до 40% всех посевов, что немного превышает норматив для Воронежской области, особенно в гористо-холмистой местности, так как это способствует коррозионным процессам земельных угодий. Посевы подсолнечника также превышают нормативы для Воронежской области почти в 2 раза. Подсолнечник можно заменить другими масличными культурами, такими как рыжик, лен.

Для уменьшения коррозионных процессов необходимо использовать лесопосадки, которые также будут способствовать снегозадержанию и обеспечению в засушливые годы дополнительной влагой, так как в области через каждые 3–4 года засуха.

К экономическим мерам относится совершенствование финансовых отношений (ценообразование, кредитование, налогообложение, субсидирование, страхование, инвестирование).

Сложившийся уровень цен на продукцию сельскохозяйственных предприятий позволяет последним возмещать исключительно операционные расходы, то есть только те, которые связаны с текущей производственной деятельностью. В результате этого происходит как моральное, так и физическое старение имущества в сельхозпредприятиях, а также отток квалифицированных кадров из отраслей.

Одним из условий восстановления производственного потенциала сельского хозяйства, преодоления его экономического и технологического отставания, технической модернизации и перехода на инновационный путь развития является привлечение в отрасль инвестиций, что затруднено для большинства сельскохозяйственных товаропроизводителей из-за дефицита собственных средств. В связи с этим в сельском хозяйстве значительно повышается роль внешних, прежде всего возвратных источников финансирования. Являясь частью национальной финансовой системы, система сельскохозяйственного кредитования выступает важнейшей специфической сферой, функционирование которой обеспечивает аккумуляцию временно свободных денежных средств и их перераспределение в соответствии с потребностями сельскохозяйственных товаропроизводителей в формировании денежных фондов на различных стадиях и этапах производства, распределения, обмена и потребления продукции. Участие банков

в финансировании сельскохозяйственного производства подтверждает, что на фоне быстрых темпов роста банковского сектора по сравнению с экономикой в целом наметилась тенденция оживления выполнения банками функций финансового посредничества. Своевременно полученный кредит на щадящих условиях для сельскохозяйственных товаропроизводителей и переработчиков – это и есть самый необходимый денежный ресурс, без которого нельзя приступить к началу весенних посевных работ, к уборке сельскохозяйственных культур, реализации полученной продукции и, её дальнейшей переработке.

Необходимость в краткосрочных кредитах появляется в сельском хозяйстве во время выполнения сезонных полевых работ и выделения дополнительных ресурсов на приобретение кормов. Кроме того, потребность в финансах возникает на инвестиционные проекты и переработку сельскохозяйственного сырья. В 2016 г. сельскохозяйственными предприятиями Воронежской области объём кредитов вырос в 2016 г. 2,9 раза по сравнению с 2010 г. с доминированием краткосрочных кредитов [5]. Проведённый анализ системы кредитования показал, что кредиты являются одним из немаловажных источников в формировании денежных потоков и создания благоприятной среды для совершенствования финансовых отношений. В Воронежской области финансовые поступления в денежных потоках составляют около 40%, а кредиты 30%. Но чрезмерно увлекаться кредитами не рационально. Необходимо, чтобы отношение кредиторской задолженности к полученной выручке было ниже 100%, в противном случае уплата процентов за кредит съедает часть прибыли, и предприятия могут стать убыточными.

Следующим элементом в формировании финансовых отношений является субсидирование. В структуре полученных субсидий самую большую долю занимает уплата части процентов за кредит. В 2016 г. они составили в Воронежской области – 54,8%. Вторым по величине является господдержка программ и мероприятий по растениеводству, – 17,0%.

Система налогообложения играет немаловажную роль в формировании финансовых отношений. Налоговая поддержка в качестве льгот и пониженных налоговых ставок предоставляется предприятиям и физическим лицам, производящим сельскохозяйственную продукцию. Налоговая ставка земельного налога не превышает 0,3% в отношении земельных участков, отнесенных к землям сельскохозяйственного назначения или к землям в пределах зон сельскохозяйственного назначения в населенных

пунктах и используемых для сельскохозяйственного производства. В структуре налогов огромную нишу занимает налог на добавленную стоимость. Он составляет 60 и более процентов. От выбранной системы налогообложения, размера ставки налога, применяемых налоговых льгот зависит налоговая нагрузка на предприятие. Одной из разновидностей государственной помощи сельскохозяйственным организациям в ЦЧР послужило создание благоприятной налоговой среды путем ввода специального режима налогообложения и льготного налогообложения сельскохозяйственных организаций, находящихся на общем режиме.

Существующая система налогообложения, хотя неоднократно корректировалась, но всё же является несовершенной. Она носит преимущественно фискальный, а не стимулирующий характер. Её основной недостаток заключается в том, что облагается не используемый ресурс, а результаты деятельности. И чем лучше субъект хозяйствует, тем больше он уплачивает налогов [6].

Увеличение кредитования, субсидирования и снижение налоговой нагрузки, обеспечение налоговых каникул позволили сельхозпроизводителям и переработчикам ЦЧР направлять средства на долгосрочные инвестиции. За последние шесть лет инвестиции по области выросли в 5,4 раза.

Кроме того, сельскохозяйственное производство имеет свою специфику и отличается рискованной средой, так как на него влияют природно-климатические риски, крайне серьезные и сильно сказывающиеся на конечные результаты производства производственной деятельности, и от того ещё одним видом поддержки агропромышленного комплекса является его страхование. Но на сегодняшний день вопросам страхования в ЦЧР уделяется мало внимания. В поступлении денежных ресурсов по сельскохозяйственным предприятиям ЦЧР оно составляет всего лишь 0,1%.

Улучшение финансового состояния в агропромышленных предприятиях позволило им в отрасли растениеводства: применять более высокоурожайные сорта, современные технологии новую высокопроизводительную технику, соблюдать сроки выполнения работ, расширять производственные мощности и внедрять новые технологии, приобретать мини заводы по переработке непосредственно в районах и крупных селах.

Проведенный анализ показал, что взаимоотношения между сельским хозяйством и другими отраслями АПК характеризуется несопоставимостью цен. В некоторые годы рост цен на промышленные товары и средства производства и услуги превосходил рост цен

на продукцию сельского хозяйства, в другие годы складывалась противоположная ситуация. Сложившийся уровень цен на продукцию сельскохозяйственных предприятий позволяет последним возмещать исключительно операционные расходы, то есть только те, которые связаны с текущей производственной деятельностью. Можно сделать вывод, что существующее финансовое отношение в АПК не оказывают достаточного влияния на повышение конечных результатов производственной деятельности, необходимо активизировать использование кредитных ресурсов, построение новой страховой политики и улучшение налоговой системы в рамках финансовых отношений в АПК региона. Отсюда вывод, что финансовая помощь сельскохозяйственным товаропроизводителям должна совмещать в себе разнообразные формы ее обеспечения – прямую (субсидирование), косвенную (льготное налогообложение и др.) и опосредованную (напрямую не связанную с аграрным производством). Гармоничное комбинирование этих форм придаст механизму поддержки дополнительную стабильность и результативность. Поэтому совершенствование организационно-финансового механизма будет способствовать повышению эффективности использования ресурсного потенциала.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бухтояров Н.И., Пашута А.О., Солодовникова М.П. Развитие системы земельных отношений в аграрной сфере: монография. Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2016. 190 с.
- 2 Газалиев М.М. Земельные отношения в сельском хозяйстве. URL: <https://refdb.ru/look/1944302-pall.html>.
- 3 Дугина Т.А. Проблемы развития земельных отношений в сельском хозяйстве России // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. № S21. С. 1–5. URL: <http://e-koncept.ru/2015/75330.htm>.
- 4 Канинберг Ю.Н. Совершенствование земельных отношений в сельском хозяйстве // Электронная библиотека. URL: <http://konf.x-pdf.ru/18selskohozyaistvo/291717-1-sovershenstvovanie-zemelnih-otnosheniy-selskom-hozyaystve.php>.
- 5 Котелевская Н.К. Современное развитие финансовых отношений в АПК (на примере Воронежской области) // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук». Том 2. Ганновер – Воронеж, 2017. С. 78–89.
- 6 Пашута А.О. Особенности АПК региона при построении стратегии финансовых отношений // Экономика и предпринимательство. 2017. № 3–1 (80–1). С. 303–307.
- 7 Формы статистической отчетности перерабатывающей промышленности по Воронежской области 2012–2016 гг.
- 8 Федеральная служба государственной статистики «Регионы России-2017».

Заключение

Из всего сказанного следует, что в современных социально-экономических условиях несовершенство земельных отношений способствует, с одной стороны, чрезмерной концентрации сельскохозяйственных земель у ограниченного числа крупных собственников, а с другой – неизбежно приводит к обезземеливанию части занятых работников в сельскохозяйственном производстве, неуклонному падению плодородия земель, почти повсеместному ухудшению их мелиоративного состояния, почвоутомлению интенсивно используемых земель и выведению из сельскохозяйственного оборота значительных массивов продуктивных сельскохозяйственных угодий.

Основной причиной кризиса земельных отношений в России является несоблюдение системности при разработке аграрной политики. Для эффективного развития аграрного производства необходимо разработать научные основы повышения эффективности земельных отношений в сельском хозяйстве, которые должны регулироваться в соответствии с конечной целью экономики – обеспечить удовлетворение расширяющихся потребностей всех членов общества в материальных благах.

9 Формы статистической отчетности сельского хозяйства по Воронежской области 2000–2016 гг.

10 Zakshevsky V.G., Cherednikova A.O. To increase efficiency of use of land fund in agriculture // Agrarian and industrial complex: Economy, management. 2012. P. 65–72.

11 Veselovsky M. Development Paradigm of the Innovative Technology Transfer in the Agro-Industrial Complex of Russia // Journal of Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. 2017. V.17. № 4.

12 Trukhachev V. Current Status of Resource Potential of Agriculture in the South of Russia // Montenegrin Journal of Economics. 2016. V.12. №3. P. 115–126.

13 Tyaglov S. The Development of Cluster Relations within the State and Business Structures in Terms of Strategy of Non – Primary Sector Import-Substitution // European Research Studies. 2017. V. XX. № 1. P. 198–207.

14 Cohan P.S. Introduction // Disciplined Growth Strategies. 2017. P. 1–20.

REFERENCES

- 1 .Bukhtoyarov N.I., Pashuta A.O., Solodovnikova M.P. Razvitie sistemy zemel'nykh otnoshenii [Development of system of the land relations in the agrarian sphere: the monograph] Voronezh, VGUU, 2016. 190 p. (in Russian)
- 2 Gazaliyev M.M. Zemel'nye otnosheniya v s/kh [The land relations in agriculture] Available at: <https://refdb.ru/look/1944302-pall.html>. (in Russian)
- 3 Dugina T.A. Problems of development of the land relations in agriculture of Russia. *Kontsept* [Scientific and methodical online magazine "Koncept"] 2015. no. S21. pp. 1–5. Available at: <http://e-koncept.ru/2015/75330.htm>. (in Russian)

4 Kaninberg Yu. N. Improvement of the land relations in agriculture. Elektronnaya biblioteka [Electronic library] Available at: <http://konf.x-pdf.ru/18selsko-hozyaystvo/291717-1-sovershenstvovanie-zemelnih-otnosheniy-selskom-hozyaystve.php>. (in Russian)

5 Kotelevskaya N.K. Modern development of the financial relations in agrarian and industrial complex (on the example of the Voronezh region). Problemy sovremennykh ekonomicheskikh, pravovykh, estestvennykh nauk [Materials VI of the International scientific and practical conference / "Problems of modern economic, legal and natural sciences". Volume 2] Hanover-Voronezh, 2017, pp. 78–89. (In Russian)

6 Pashuta A.O. Features of agrarian and industrial complex of the region at creation of strategy of the financial relations. *Ekonomika I predprinimatel'stvo* [Economy and business] 2017. no. 3–1 (80–1). pp. 303–307.

7 Formy statisticheskoi otchetnosti pererabatyvayushchei promyshlennosti VO [Forms of the statistical reporting of processing industry under the Voronezh region 2012–2016]. (in Russian)

8 "Regiony Rossii 2017" [Federal State Statistics Service "Regions of Russia-2017"]. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ангелина О. Пашута д.э.н, зав. отделом, отдел налогов и финансово-кредитных отношений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича 26А, г. Воронеж, 394042, Россия, Lina760@yandex.ru

Нина К. Котелевская ст. науч. сотрудник, отдел налогов и финансово-кредитных отношений, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича 26А, г. Воронеж, 394042, Россия, Kotelevskaya@bk.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 22.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 27.04.2018

9 Formy statisticheskoi otchetnosti sel'skogo khozyaystva VO [Forms of the statistical reporting of agriculture under the Voronezh region 2000–2016]. (in Russian)

10 Zakshevsky V.G., Cherednikova A.O. To increase efficiency of use of land fund in agriculture. Agrarian and industrial complex: Economy, management. 2012. pp. 65–72.

11 Veselovsky M. Development Paradigm of the Innovative Technology Transfer in the Agro-Industrial Complex of Russia. Journal of Scientific Papers Series Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development. 2017. vol.17. no. 4.

12 Trukhachev V. Current Status of Resource Potential of Agriculture in the South of Russia. Montenegrin Journal of Economics. 2016. vol.12. no.3. pp. 115–126.

13 Tyaglov S. The Development of Cluster Relations within the State and Business Structures in Terms of Strategy of Non – Primary Sector Import-Substitution. European Research Studies. 2017. vol. XX. no. 1. pp. 198–207.

14 Cohan P.S. Introduction. Disciplined Growth Strategies. 2017. pp. 1–20.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Angelina O. Pashuta Dr. Sci. (Econ.), head of department, Federal State Budget Scientific Institution Department of taxes and financial and credit relations, Research Institute of Economy and Organization of Agro-industrial Complex of the Central Chernozem Region of the Russian Federation, Serafimovich St. 26A, Voronezh, 394042, Russia, Lina760@yandex.ru

Nina K. Kotelevskaya senior researcher, Federal State Budget Scientific Institution Department of taxes and financial and credit relations, Research Institute of Economy and Organization of Agro-industrial Complex of the Central Chernozem Region of the Russian Federation, Serafimovich St. 26A, Voronezh, 394042, Russia, Kotelevskaya@bk.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.22.2018

ACCEPTED 4.27.2018

Анализ кредиторской задолженности организаций Республики Калмыкия

Марина П. Сарунова ¹	sarunova@mail.ru
Тимур В. Бурлуткин ¹	burlutkin_tv@mail.ru
Татьяна З. Санджиева ¹	sandzhieva1511@gmail.com

¹ Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, ул. Пушкина, 11, г. Элиста, 358000, Россия

Реферат. В статье проведен анализ кредиторской задолженности организаций Республики Калмыкия как одного из самых важных элементов финансового анализа как отдельной организации, так и отрасли, и целого региона. На основе статистических данных проанализирована динамика изменений кредиторской задолженности. Выявлено, что подавляющая часть просроченной кредиторской задолженности сформировалась в сфере ЖКХ. Проведен структурный анализ состава просроченной задолженности, выявлены способы ее контроля. С целью выделения наиболее «уязвимых» от неуплаты сфер экономической деятельности рассмотрена доля просроченной задолженности к общей сумме задолженности по отраслям. Для оценки своевременности расчетов предприятий по обязательствам и качества кредиторской задолженности проведен анализ доли просроченной кредиторской задолженности в ее общем объеме, на основе которого выявлены подходы к оптимизации управления кредиторской задолженностью, приводящие к росту финансовых результатов и дальнейшему развитию экономики Республики Калмыкия. Для анализа финансовой устойчивости важно учитывать не только состояние кредиторской задолженности, но и отслеживать соотношение дебиторской и кредиторской задолженности. Проведенный анализ показал, что соотношение является нерациональным, очевидно, что компании привлекали значительные заемные ресурсы, однако в настоящий момент неэффективно используют их в текущей деятельности. В статье сделан вывод о крайне неустойчивом финансовом положении предприятий и организаций региона, когда происходит ежегодный рост и кредиторской и дебиторской задолженности. В целях стабилизации финансового состояния предприятий и организаций Республики Калмыкия, улучшения их платежеспособности и укрепления расчетно-платежной дисциплины рассмотрены возможности реструктуризации кредиторской задолженности, для чего необходимо провести ее анализ по каждому кредитору отдельно, включая все составляющие долга – основную сумму, пени и проценты.

Ключевые слова: кредиторская задолженность, дебиторская задолженность, анализ, просроченная задолженность, контроль, реструктуризация задолженности

Analysis of the organizations accounts payable of the Kalmykia Republic

Marina P. Sarunova ¹	sarunova@mail.ru
Timur V. Burlutkin ¹	burlutkin_tv@mail.ru
Tatyana Z. Sandzhieva ¹	sandzhieva1511@gmail.com

¹ Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Pushkin St., 11, Elista, 358000, Russia

Summary. The article shows the organizations accounts payable of the Republic of Kalmykia as one of the most important elements of financial analysis as a separate organization, industry and the whole region. The dynamic changes in accounts payable on the basis of statistical data were analyzed. It was revealed that the vast majority of overdue accounts payable was formed in housing and communal services. We carried out the structural analysis of overdue debt composition and revealed the ways of its control. In order to identify the most "vulnerable" areas of economic activity from non-payment, the share of overdue debt to the total amount of debt by industry was considered. To assess the timeliness of payments of enterprises on obligations and the quality of accounts payable, we performed the analysis of the share of overdue accounts payable in its total volume. On that basis we found out the approaches to optimizing the management of accounts payable, leading to the growth of financial results and further development of the economy of the Republic of Kalmykia. To analyze financial stability, it is important to consider not only the status of accounts payable, but also the ratio of accounts receivable to accounts payable. The analysis showed that the proportion is irrational; it is obvious that companies have attracted significant borrowed resources, but currently use of them in their current activities is inefficient. The article concludes that the financial situation of enterprises and organizations of the region is extremely unstable when there is an annual growth of accounts payable and accounts receivable. In order to stabilize the financial condition of enterprises and organizations of the Republic of Kalmykia, improve their solvency and strengthen the settlement and payment discipline we explored the possibility of restructuring of accounts payable, which requires an analysis of each creditor separately, including all components of the debt-principal amount, interest and penalties.

Keywords: accounts payable, accounts receivable, analysis, overdue debt, control, debt restructuring

Введение

В условиях функционирования современной экономики для успешного роста и развития любой организации, как малой, так и крупной, необходим постоянный мониторинг финансово-экономических показателей. В процессе своей деятельности предприятия из различных отраслей взаимодействуют друг с другом,

с государством, банками и пр. И вследствие такого взаимодействия у них появляются различные обязательства друг перед другом. Обязательства, взятые на себя организацией в ходе финансово-экономической деятельности, исполнение которых предусмотрено действующим законодательством, называются кредиторской задолженностью. Иными словами, в условиях

Для цитирования

Сарунова М.П., Бурлуткин Т.В., Санджиева Т.В. Анализ кредиторской задолженности организаций Республики Калмыкия // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 351–357. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-351-357

For citation

Sarunova M.P., Burlutkin T.V., Sandzhieva T.V. Analysis of the organizations accounts payable of the Kalmykia Republic. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 351–357. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-351-357

рыночной экономики абсолютно любой вид коммерческой деятельности сопряжен с возникновением кредиторской задолженности [1].

В этой связи оценка и анализ состояния кредиторской задолженности является одним из самых важных элементов финансового анализа как отдельной организации, так и отрасли, и целого региона. Все вышеизложенное позволяет говорить об актуальности темы исследования.

Результаты и обсуждение

Кредиторская задолженность выступает универсальным источником внешнего финансирования. Предоставленные поставщиками отсрочки платежа, постоянное наличие непогашенных обязательств перед бюджетом по налогам и сборам, перед внебюджетными фондами, персоналом предприятия и прочие обязательства

являются самым простым способом предприятия покрыть потребности в капитале. Действительно, ни кредиты поставщиков, ни обязательства перед работниками, ни тем более задолженность перед бюджетом и внебюджетными фондами обычно не требуют никакого обеспечения, а размеры штрафных санкций соизмеримы с величиной уплачиваемых процентов по банковским ссудам [8].

Состав кредиторской задолженности приведен на рисунке 1.

Постоянный контроль кредиторской задолженности позволяет с максимальной выгодой распоряжаться привлеченными ресурсами и собственными денежными средствами [2]. Рассмотрим динамику изменений кредиторской задолженности предприятий и организаций Республики Калмыкия за 2014–2016 гг. (рисунок 2).

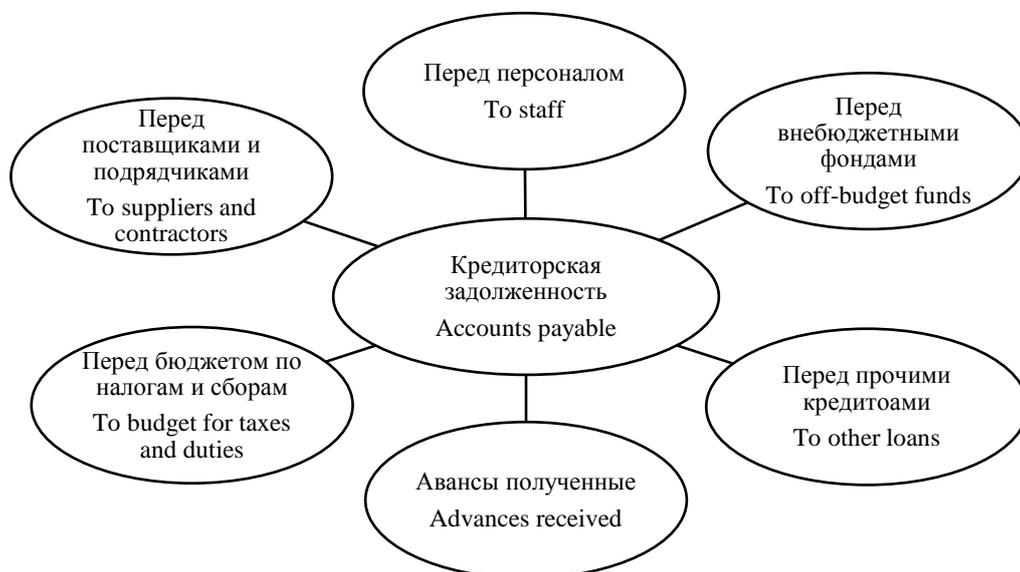


Рисунок 1. Элементы кредиторской задолженности Источник: составлено авторами

Figure 1. Elements of accounts payable Source: compiled by the authors

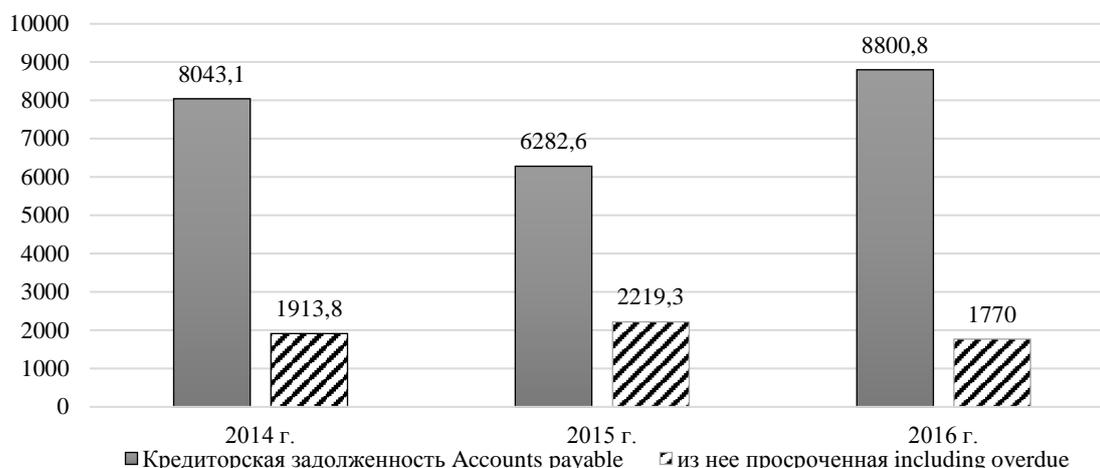


Рисунок 2. Динамика кредиторской задолженности предприятий и организаций Республики Калмыкия за 2014–2016 гг. (млн руб.) Источник: составлено авторами по данным Астраханьстата [5]

Figure 2. Dynamics of accounts payable of enterprises and organizations of the Republic of Kalmykia for 2014–2016 (million rubles) Source: compiled by the authors according Astrahanstat

Данные рисунку 2 показывают, что кредиторская задолженность в 2015 г. уменьшилась в сравнении с предыдущим годом, а в 2016 г. возросла больше чем на 40%. В целом за рассматриваемый период кредиторская задолженность увеличилась на 9,4%. Для улучшения финансового состояния региона немаловажным

является контроль над просроченной кредиторской задолженностью. В анализируемом периоде наблюдается некоторое сокращение показателя как в абсолютном, так и в относительном выражении, что оценивается положительно.

Структура просроченной кредиторской задолженности представлена в таблице 1.

Таблица 1.
Просроченная кредиторская задолженность предприятий и организаций Республики Калмыкия на 1 января 2017 г., млн руб.

Table 1.

Overdue accounts payable of enterprises and organizations of the Republic of Kalmykia on January 1, 2017., million rubles

Показатели Indicators	Просроченная кредиторская задолженность Overdue accounts payable		из нее: including:		
	Сумма Amount	Уд. вес, % specific gravity, %	поставщикам to suppliers	в бюджеты всех уровней to budgets of all levels	в государственные внебюджетные фонды to state off-budget funds
Всего, в том числе по видам экономической деятельности: Total, including by type of economic activity	1770,0	100,0	1377,2	146,8	120,6
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство agriculture, hunting and forestry	64,9	3,67	19,2	9,5	2,5
производство и распределение электроэнергии, газа и воды production and distribution of electricity, gas and water	1217,8	68,80	1100,2	14,6	9,3
строительство building	192,1	10,85	165,0	16,1	11,0
гостиницы и рестораны hotels and restaurants	25,1	1,42	8,0	10,7	6,4
транспорт и связь transport and communication	270,1	15,26	75,6	95,8	91,3

Источник: данные Астраханьстата [3]

Source: data of Astrahanstat

Как свидетельствуют данные таблицы 1, подавляющая часть просроченной кредиторской задолженности сформировалась в сфере ЖКХ – почти 70%. На транспорт и связь приходится 15%, на строительство – около 11%, на остальные отрасли – около 5%.

Анализируя состав просроченной задолженности можно отметить, что большая ее часть представлена задолженностью перед поставщиками – 1377,2 млн руб. или 78%, перед бюджетами – 146,8 млн руб. или 8%, перед внебюджетными фондами – 120,6 млн руб. или 7%. Следует рассчитывать с кредиторами,

планомерно и в установленные сроки возвращать им долги, в противном случае предприятия республики потеряют доверие своих постоянных поставщиков.

Кредиторская задолженность на 1 января 2017 г. составила 8800,8 млн руб., из нее просроченная – 1770 млн руб. или 13,3 % от общей суммы кредиторской задолженности. Рассмотрим долю просроченной задолженности к сумме самой задолженности по отраслям, чтобы выделить наиболее «уязвимые» от неуплаты сферы экономической деятельности (таблица 2).

Доля просроченной задолженности в общей сумме кредиторской задолженности предприятий и организаций Республики Калмыкия на 1 января 2017 г., млн руб.

Table 2.

The proportion of overdue debt in the total amount of accounts payable of enterprises and organizations of the Republic of Kalmykia, January 1, 2017, million rubles

Показатели Indicators	Кредиторская задолженность Accounts payable		
	Всего Total	в т. ч. просроченная	
		Сумма Amount	в % от кредиторской задолженности share of accounts payable
Всего, в том числе по видам экономической деятельности: Total, including by type of economic activity	8800,8	1170,0	13,3
сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство agriculture, hunting and forestry	285,9	64,9	22,7
добыча полезных ископаемых mining	1496,4	0,0	0,0
обрабатывающие производства manufacturing industries	712,6	0,0	0,0
производство и распределение электроэнергии, газа и воды production and distribution of electricity, gas and water	3614,6	1217,8	33,7
строительство building	251,8	192,1	76,3
оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования [9] wholesale and retail trade; repair of motor vehicles, motorcycles, household products and personal items	10,4	0,0	0,0
гостиницы и рестораны hotels and restaurants	31,7	25,1	79,2
транспорт и связь transport and communication	2279,1	270,1	11,9
операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг transactions with real estate, renting and provision of services	114,6	0,0	0,0
образование education	1,3	0,0	0,0
здравоохранение и предоставление социальных услуг health and social services	0,0	0,0	–
предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг provision of other communal, social and personal services	2,3	0,1	4,3

Источник: данные Астраханьстата [5]

Source: data of Astrahanstat

Как показывает таблицы 2, недобросовестных предприятий-должников больше всего в сфере гостиничного и ресторанного бизнеса, а также в строительной отрасли (просрочка составляет 79 и 76% от суммы общей кредиторской задолженности соответственно). В сфере производства и распределения электроэнергии, газа и воды треть суммы кредиторской задолженности не возвращается в срок.

Таким образом, своевременность расчетов предприятия по обязательствам характеризует

качество кредиторской задолженности, судить о котором можно по показателю доли просроченной кредиторской задолженности в ее общем объеме [10]. Риски кредиторской задолженности приводят к дополнительным расходам, связанным со штрафами, пенями, неустойками, судебными издержками. Грамотный подход к оптимизации управления кредиторской задолженностью приведет к росту финансовых результатов и дальнейшему развитию экономики Республики Калмыкия [6].

Для анализа финансовой устойчивости важно учитывать не только состояние кредиторской задолженности, но и отслеживать соотношение дебиторской и кредиторской задолженности. Значительное преобладание дебиторской задолженности создает угрозу финансовой устойчивости предприятия и делает

необходимым привлечение дополнительных источников финансирования, а превышение кредиторской задолженности над дебиторской может привести к неплатежеспособности [10]. Для оценки дебиторской и кредиторской задолженности сведем проанализируем их динамику за 2012–2016 гг. по данным рисунка 3.

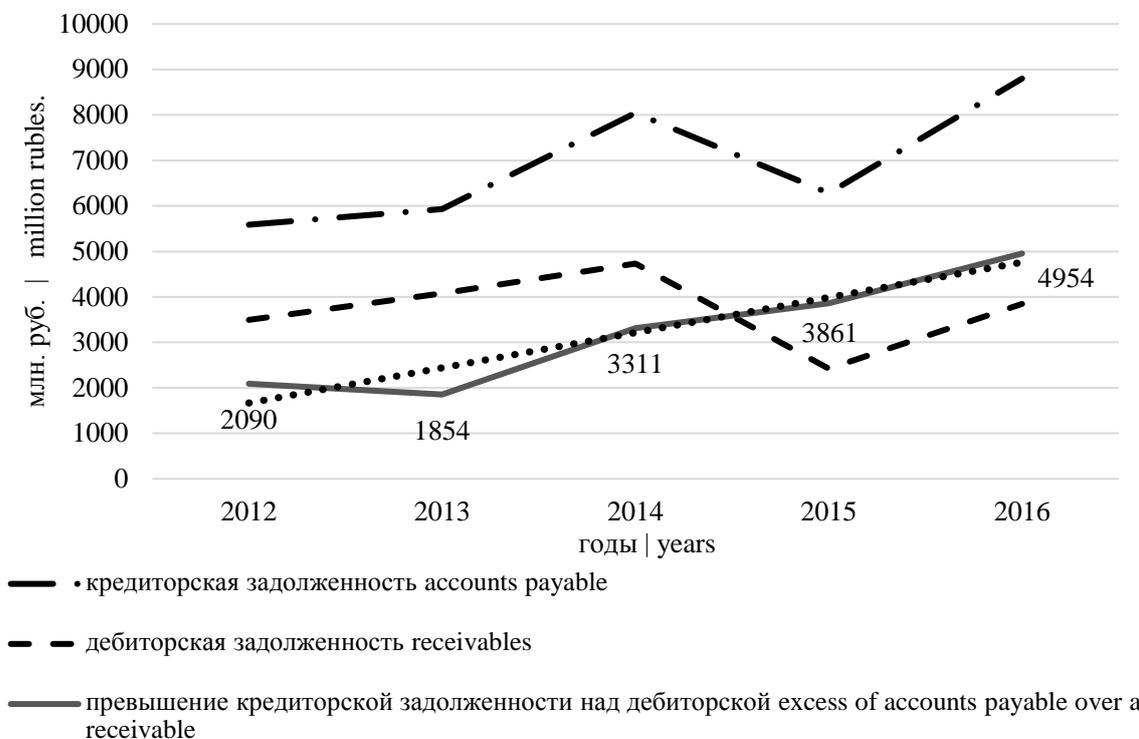


Рисунок 3. Сравнительная динамика кредиторской и дебиторской задолженности предприятий и организаций Республики Калмыкия за 2012–2016 гг. (на конец года) Источник: составлено авторами по данным Астраханьстата [5]

Figure 3. Comparative dynamics of accounts payable and accounts receivable of enterprises and organizations of the Republic of Kalmykia for 2012–2016 (at the end of the year) Source: compiled by the authors according to Astrakhanstat

Как видно из графика на рисунке 3, на все отчетные даты наблюдалось существенное превышение кредиторской задолженности над дебиторской. Соотношение является нерациональным, очевидно, что компании привлекали значительные заемные ресурсы, однако в настоящий момент неэффективно используют их в текущей деятельности. Поэтому необходимо приложить все усилия для снижения кредиторской задолженности.

Превышение кредиторской задолженности над дебиторской сокращалось лишь в 2013 г. Если в 2012–2014 гг. кредиторская задолженность превысила дебиторскую примерно в 1,5 раза, то в 2015–2016 гг. – почти в 2,5 раза. Такое значительное превышение говорит о том, что платежеспособность предприятий и организаций региона находится в критическом состоянии.

Из вышеприведенного анализа можно сделать вывод о крайне неустойчивом финансовом положении предприятий и организаций региона, когда происходит ежегодный рост и кредиторской и дебиторской задолженности.

Следует отметить, что в целях стабилизации финансового состояния предприятий и организаций Республики Калмыкия, улучшения их платежеспособности и укрепления расчетно-платежной дисциплины принят соответствующий нормативный правовой акт [4]. В данном Постановлении заходит речь о реструктуризации кредиторской задолженности. Реструктуризация кредиторской задолженности – это изменение условий договора в рамках действующего законодательства путем получения уступок от кредитора, направленных на сокращение размера задолженности, в том числе просроченной. Предприятие может выбрать подходящий метод реструктуризации (рисунок 4).

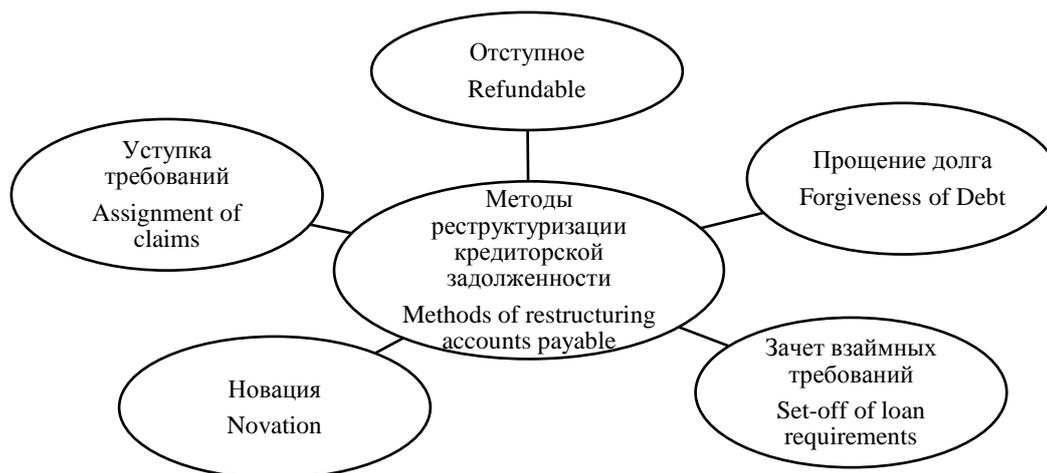


Рисунок 4. Методы реструктуризации кредиторской задолженности
Figure 4. The methods of restructuring accounts payable

Для правильного выбора метода реструктуризации, необходимо провести анализ кредиторской задолженности по каждому кредитору отдельно, включая все составляющие долга – основную сумму, пени и проценты.

Заключение

Основываясь на полученных результатах, можно заключить:

1. Анализ состояния кредиторской задолженности является одним из самых важных элементов финансового анализа как отдельной организации, так и отрасли, и целого региона, а постоянный контроль кредиторской задолженности позволяет с максимальной выгодой распоряжаться привлеченными ресурсами и собственными денежными средствами.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бадмахалгаев Л.Ц., Олюшев А.А., Анчаева Г.В. Проведение оценки экономической безопасности предприятия с использованием методов финансового анализа // В сборнике: Бюджетно-налоговая политика: проблемы и перспективы развития. Материалы региональной научно-практической конференции, проводимой в рамках мероприятий Международной научно-практической сессии. Элиста: ФГБОУ ВО "Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова", 2017. С. 103–107.

2 Басангова Н.А. Повышение конкурентоспособности региональной экономики (на примере Республики Калмыкия) // В сборнике: Архаизм и модернизация в условиях устойчивого развития сельских территорий: современные проблемы и перспективы. Материалы Международной научно-практической конференции. Элиста: Калмыцкий государственный университет. 2014. С. 135–139.

3 Бурлуткин Т.В. Анализ источников финансирования малых предприятий // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2012. № 3. С. 243–246.

2. Для анализа финансовой устойчивости важно учитывать не только состояние кредиторской задолженности, но и отслеживать соотношение дебиторской и кредиторской задолженности. Проведенный анализ показал, что соотношение является нерациональным, очевидно, что компании привлекали значительные заемные ресурсы, однако в настоящий момент неэффективно используют их в текущей деятельности.

3. Помимо регулярного отслеживания соотношения дебиторской и кредиторской задолженностей и контроля состояния расчетов по просроченным обязательствам, на высшем региональном уровне необходимо незамедлительно принять меры по оздоровлению финансового состояния предприятий и организаций республики.

4 Постановление Правительства Республики Калмыкия от 31.12.2013 г. № 617 «Об утверждении Порядка мониторинга кредиторской задолженности, урегулирования и погашения просроченной кредиторской задолженности».

5 Республика Калмыкия. Статистический ежегодник. 2017. Элиста: Астраханьстат, 2017. 192 с.

6 Сарунова М.П., Манджиева Д.В., Тумутова А.М. Актуальные аспекты списания дебиторской и кредиторской задолженности // Экономика и предпринимательство. 2016. № 12–1 (77–1). С. 1214–1218.

7 Хулхачиева Г.Д., Болдырева Е.С., Аношова А.В., Болданикова К.А. Разработка методических подходов к проведению стратегического анализа предприятия // Экономика и предпринимательство. 2017. № 2–1 (79–1). С. 580–588.

8 Коокуева В.В., Бурлуткин Т.В. Финансы малого бизнеса. Научно-образовательный курс. Элиста, 2012.

9 Экономическая безопасность и финансово-кредитные отношения в современных условиях: подходы, проблемы и направления совершенствования // Материалы первой Международной научно-практической сессии. Элиста, 2016.

10 Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Ресурсная экономика в контексте современных тенденций глобализации», Якутск, 2015.

11 Fraser L. M., Ormiston A., Fraser L. M. Understanding financial statements. Pearson, 2010.

12 Gill A., Biger N., Mathur N. The relationship between working capital management and profitability: Evidence from the United States //Business and Economics Journal. 2010. V. 10. №. 1. P. 1-9.

13 Praisner C. Payment control system and associated method for facilitating credit payments in the accounts payable environment. Pat. USA 10824579, 2004.

14 Michalski G. Accounts receivable management in nonprofit organizations //Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości. 2012. V. 68. №. 124. P. 83-96.

15 Michalski G. Portfolio management approach in trade credit decision making // arXiv preprint arXiv:1301.3823. 2013.

REFERENCES

1 Badmakhalgaev L.T., Olushev AA, Anchaeva G.V. Conducting an assessment of the economic security of an enterprise using financial analysis methods. Byudzhetsno-nalogovaya politika: problem i perspektivy razvitiya [In the collection: Fiscal policy: problems and development prospects Materials of the regional scientific and practical conference held within the framework of the International Scientific and Practical Session] Elista, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikova, 2017. pp. 103–107. (in Russian)

2 Basangova N.A. Increasing the competitiveness of the regional economy (on the example of the Republic of Kalmykia). Arkhaizm i modernizatsiya v usloviyakh ustoychivogo razvitiya sel'skikh territorii [In the collection: Archaism and Modernization in the Conditions of Sustainable Development of Rural Territories: Contemporary Problems and Perspectives. Materials of the International Scientific and Practical Conference. Editorial Board: EI Mantaeva, O.B. Dordzhieva, L. Ts. Badmakhalgaev and others] Elista, Kalmyk State University. 2014. pp. 135–139. (in Russian)

3 Burlutkin T.V. Analysis of the sources of financing of small enterprises. *Biznes. Obrazovanie. Pravo* [Business. Education. Right. Bulletin of the Volgograd Institute of Business] 2012. no. 3. pp. 243–246. (in Russian)

4 Postanovlenie Pravitel'stve Respubliki Kalmykiya [Resolution of the Government of the Republic of Kalmykia from December 31, 2013 № 617 "On approval of the Procedure for Monitoring Accounts Payable, Settlement and Repayment of Overdue Payables"] (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Марина П. Сарунова доцент, кафедра экономической безопасности, учета и финансов, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, ул. Пушкина, 11, г. Элиста, 358000, Россия, sarunova@mail.ru

Тимур В. Burlutkin ст. преподаватель, кафедра экономической безопасности, учета и финансов, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, ул. Пушкина, 11, г. Элиста, 358000, Россия, burlutkin_tv@mail.ru

Татьяна З. Санджиева магистр, кафедра экономической безопасности, учета и финансов, Калмыцкий государственный университет имени Б.Б. Городовикова, ул. Пушкина, 11, г. Элиста, 358000, Россия, sandzhieva1511@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 13.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 30.04.2018

5 Respublika Kalmykiya. Statisticheskii ezhegodnik [The Republic of Kalmykia. Statistical Yearbook. 2017] Elista, 2017. 192 p. (in Russian)

6 Sarunova M.P., Mandzhieva D.V., Tumutova A.M. Actual aspects of writing-off of receivables and payables. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship] 2016. no. 12–1 (77–1), pp. 1214–1218. (in Russian)

7 Khulkhachieva G.D., Boldyreva E.S., Anyusheva A.V., Boldannikova K.A. Development of methodological approaches to the strategic analysis of the enterprise. *Ekonomika i predprinimatel'stvo* [Economics and Entrepreneurship] 2017. no. 2–1 (79–1), pp. 580–588. (in Russian).

8 Kookueva V.V., Burlutkin T.V. Finansy malogo biznesa [Finances of small business. Scientific and educational course] Elista, 2012. (in Russian).

9 Economic Security and Financial and Credit Relations in Modern Conditions: Approaches, Problems and Directions for Improvement. Materialy pervoi Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi sessii [Proceedings of the First International Scientific and Practical Session] Elista, 2016. (in Russian)

10 Resursnaya ekonomika v kontekste sovremennykh tendentsii globalizatsii [Materials of the All-Russian Scientific and Practical Conference "Resource for the Economy in the Context of Current Globalization Trends"] Yakutsk, 2015. (in Russian)

11 Fraser L. M., Ormiston A., Fraser L. M. Understanding financial statements. Pearson, 2010.

12 Gill A., Biger N., Mathur N. The relationship between working capital management and profitability: Evidence from the United States. *Business and Economics Journal*. 2010. vol. 10. no. 1. pp. 1-9.

13 Praisner C. Payment control system and associated method for facilitating credit payments in the accounts payable environment. Pat. USA 10824579, 2004.

14 Michalski G. Accounts receivable management in nonprofit organizations. *Zeszyty Teoretyczne Rachunkowości*. 2012. vol. 68. no. 124. pp. 83-96.

15 Michalski G. Portfolio management approach in trade credit decision making. arXiv preprint arXiv:1301.3823. 2013

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Marina P. Sarunova assistant professor, Economic Security, Accounting and Finance department, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Pushkin St, 11, Elista, 358000, Russia, sarunova@mail.ru

Timur V. Burlutkin senior lecturer, Economic Security, Accounting and Finance department, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Pushkin St, 11, Elista, 358000, Russia, burlutkin_tv@mail.ru

Tatyana Z. Sandzhieva master student, Economic Security, Accounting and Finance department, Kalmyk State University named after B.B. Gorodovikov, Pushkin St, 11, Elista, 358000, Russia, sandzhieva1511@gmail.com

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.13.2018

ACCEPTED 4.30.2018

Эволюция механизма принудительного взыскания задолженности перед бюджетом

Сергей Н. Алехин¹ sn_alehin@mail.ru

Дарья А. Левачева¹ alex.levachev@yandex.ru

¹ УФНС России по Тульской области, ул. Тургеневская, д. 66, г. Тула, 300041, Россия

Реферат. В статье описаны последовательное развитие и основные изменения механизма принудительного взыскания задолженности со стороны налоговых органов. Приведен анализ действующего законодательства, из которого установлено наличие инвариантности в сроках применения мер принудительного взыскания задолженности, что может быть использовано налогоплательщиком в качестве временной меры для восполнения сложившегося дефицита средств. Предложены конкретные рекомендации для налогоплательщиков по взаимодействию с налоговыми органами в условиях наличия непогашенной задолженности по обязательным платежам, использование которых предоставит должнику дополнительное время и средства для устранения недоимки по обязательным платежам, и это без непосредственного воздействия на расчетные счета организации.

Ключевые слова: налог, налоговые органы, налогоплательщик, задолженность, меры взыскания

Evolution of the mechanism of recovery by enforcement of debt to the budget

Sergei N. Alekhin¹ sn_alehin@mail.ru

Darya A. Levacheva¹ alex.levachev@yandex.ru

¹ UFNS of Russia in the Tula region, 66 Turgenevskaya str., Tula, 300041, Russia

Summary. The article describes the consistent development and major changes in the mechanism of forced debt collection by the tax authorities. The analysis of the current legislation, which established the presence of invariance in the terms of the application of measures of forced debt collection, which can be used by the taxpayer as a temporary measure to fill the existing deficit. Specific recommendations for taxpayers on interaction with the tax authorities in the presence of outstanding debt on mandatory payments, the use of which will provide the debtor with additional time and money to eliminate arrears on mandatory payments, and this without direct impact on the accounts of the organization.

Keywords: tax, tax authorities, taxpayer, debt, disciplinary measures

Введение

В системе экономических отношений уплата налогов является одним из основных источников наполнения бюджета государства.

В России зарождение системы, обеспечивающей сбор налогов, началось в первой половине XVI века. Многие для становления налоговой системы России было сделано в начале XVIII века. В частности, в годы царствования императора Петра Первого реформирована организационная система сбора налогов, заложены основы системы местных налогов и сборов, введено множество новых видов налогов, охвативших все стороны хозяйственной жизни.

В истории Российской Федерации государственная налоговая служба берет начало с 21 ноября 1991 г. – даты принятия Президентом Российской Федерации Указа № 218 о ее образовании. В период перехода от советской экономики к рыночным отношениям налоговые

отношения нуждались в закономерных преобразованиях, для чего было принято около полутора десятков законов, в том числе Закон РФ от 27.12.1991 «2118-1 «Об основах налоговой системы», определившим основные элементы новой налоговой системы.

В марте 1992 г. при Государственной налоговой службе РФ было создано Главное управление налоговых расследований, на которое было возложено предупреждение, выявление и пресечение нарушений налогового законодательства. В июне 1993 г. оно было преобразовано в самостоятельный федеральный орган – налоговую полицию, сотрудникам которой было предоставлено право приостанавливать операции на счетах налогоплательщиков в банках на срок до одного месяца, а также налагать арест на имущество юридических и физических лиц с целью его последующей реализации в случае не выполнения указанными лицами обязанности

Для цитирования

Алехин С.Н., Левачева Д.А. Эволюция механизма принудительного взыскания задолженности перед бюджетом // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 358–365. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-358-365

For citation

Alekhin S.N., Levacheva D.A. Evolution of the mechanism of recovery by enforcement of debt to the budget. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 358–365. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-358-365

по уплате налогов, что влекло образование соответствующей недоимки [1].

Наиболее распространенным методом принудительного взыскания недоимки являлось обращение взыскания на денежные средства на счета должников посредством выставления инкассовых поручений [6, 8]. Реализация на практике данной меры осложнялась тем, что зачастую у организации имелось несколько текущих расчетных счетов. Выставление инкассовых поручений на один из них не давало полного эффекта, поскольку для проведения оборотов денежных средств могли использоваться иные счета, а выставление инкассовых поручений одновременно на все расчетные счета могло повлечь списание суммы денежных средств, превышающей сумму недоимки, что несло угрозу нарушения прав налогоплательщиков. Данный момент является особо болезненным еще и в связи с тем, что сумма излишне взысканного налога подлежит возврату с начисленными на нее процентами, однако соответствующие потери не предусматривались бюджетом.

Основная часть

Попытка разрешения проблемы роста недоимки нашла выражение в указе Президента РФ от 18.08.1996 № 1212 «О мерах по повышению собираемости налогов и других обязательных платежей и упорядочению наличного и безналичного денежного обращения», установившем необходимость ведения недоимщиком единого счета. Предприятие-недоимщик само определяло единый счет и уведомляло об этом банк, в котором открыт этот счет. Счет недоимщика в недельный срок подлежал регистрации в налоговом органе по месту регистрации предприятия-недоимщика. После регистрации предприятие-недоимщик не позднее следующего рабочего дня должно было информировать всех своих дебиторов и кредиторов о реквизитах счета недоимщика, на который необходимо зачислять средства. Отсутствие санкций к недоимщикам, не регистрирующим единый счет, затруднило реализацию указа, но планомерная работа налоговых органов совместно с органами администрации обеспечила в течение года регистрацию таких счетов более 85% должников. К сожалению, отмена указа, вызванная стремлением законодательных органов приблизить юридическую налоговую основу к сложившейся в Европе, ограничила возможности налоговых органов в части воздействия на налогоплательщиков.

Новое законодательное регулирование налоговых отношений получило выражение в Налоговом кодексе Российской Федерации (далее – НК РФ, Кодекс), утвержденном указом Президента Российской Федерации 31 июля 1998 года и вступившем в силу с 1 января 1999 года. Кодекс установил общие принципы налогообложения и уплаты сборов в Российской Федерации, а также базово определил комплекс мер, которые могут быть приняты налоговыми органами по взысканию обязательных платежей.

За время своего действия основной нормативно-правовой документ в налоговом законодательстве претерпел множество изменений – действующая редакция Кодекса является сто первой по счету.

Особенностью современного этапа является то, что функционирование налоговой системы осуществляется в сложных экономических условиях, связанных с влиянием как внешних факторов (включая напряженную геополитическую обстановку и существенное ухудшение условий торговли), так и внутренних проблем, которые накопились в экономике [4]. Сохраняется высокая зависимость поступлений в бюджет от колебания мировых цен на энергоресурсы, отмечается сокращение объемов производств по ряду отраслей промышленности. По итогам 2017 года результаты финансово-хозяйственной деятельности почти трети всех организаций оказались убыточными, а реальные располагаемые доходы граждан – ниже полученных в предыдущем году. Налогоплательщики сталкиваются с недостаточностью денежных средств, удорожанием ставок по кредитам, что приводит в свою очередь к неуплате в установленные сроки налогов и кредитованию за счет государства.

Безусловно, наряду с теми, кто не платит налоги в силу объективных финансовых затруднений, всегда существовала категория недобросовестных нарушителей, сознательно уклоняющихся от уплаты налогов.

В этой связи на современном этапе перед налоговой службой стоит задача обеспечения полного сбора начисленных сумм налогов и удержания положительного темпа роста поступлений даже в непростых экономических условиях.

Необходимым условием решения указанной задачи и достижения реализации налогового потенциала является гашение недоимки.

Образование недоимки в свою очередь влечет процедуру принудительного взыскания задолженности со стороны налоговых органов.

Эволюция механизма взыскания задолженности с типовых налогоплательщиков выглядит следующим образом.

НК РФ в первой редакции 1998 года впервые введено понятие *требования* об уплате налога и (или) пени (ст. 69 НК РФ). Под требованием об уплате налога понималось письменное извещение налогоплательщика о неуплаченной сумме налога, а также об обязанности уплатить в установленный срок неуплаченную сумму налога и соответствующие пени.

Таким образом, первоначально требование носило уведомительно-предупреждающий характер и направлялось заблаговременно – не позднее 10 дней до наступления последнего срока уплаты налога, определенного НК РФ. Основным предназначением требования явилось напоминание добросовестному налогоплательщику либо о необходимости уплаты, либо об оспаривании претензий налоговых органов в суде. Следует отметить, что юридически правильно оформленная процедура представления требования – шаг, без которого невозможно применение дальнейших мер по погашению недоимки.

В случае неуплаты или неполной уплаты налога по истечении последнего срока уплаты по требованию следовало взыскание за счет денежных средств, находящихся на счетах налогоплательщика в банке (ст.ст. 46 и 48 Кодекса), а также путем взыскания налога за счет иного имущества налогоплательщика (ст.ст. 47 и 48 Кодекса).

Указанный механизм взыскания не отличался особой гибкостью и накладывал определенную нагрузку на сотрудников налоговой службы, связанную с отработкой исчисленных налогов и своевременным направлением требований до истечения установленных сроков уплаты.

По мере развития законодательства процедура принудительного взыскания задолженности существенно изменилась.

Федеральный закон от 27.07.2006 № 137-ФЗ, оставив прежнее наименование формируемого в порядке ст. 69 НК РФ требования, существенным образом изменил его суть. Под требованием об уплате налога стали понимать извещение налогоплательщика о неуплаченной сумме налога, а также об обязанности уплатить в установленный срок неуплаченную сумму налога. Поскольку обязанность по уплате налогов, пени и штрафа может возникнуть также и на основании вступившего в силу решения, принятого по результатам налоговой проверки, можно выделить три основания для направления требования об уплате налога, пени и штрафа:

– неисполнение или ненадлежащее исполнение обязанности по уплате налога;

– вступление в силу решения о привлечении к ответственности за совершение налогового правонарушения (если дело о выявленных в ходе камеральной или выездной налоговой проверки налоговых правонарушениях рассматривалось в порядке, предусмотренном ст. 101 НК РФ);

– на основании вынесенного решения о привлечении лица к ответственности за нарушение законодательства о налогах и сборах (если дело о выявленных в ходе иных мероприятий налогового контроля налоговых правонарушениях рассматривалось в порядке, предусмотренном ст. 101.4 НК РФ).

Таким образом, направление требования об уплате налога, пени и штрафа приобрело важную роль первоначального этапа составной процедуры принудительного исполнения обязанности по уплате налоговых платежей.

Пунктом 4 ст. 69 НК РФ определено содержание требования, в частности, регламентировано, что сведения, которые должны содержаться в требовании об уплате налога, пени и штрафа, позволяют налоговому органу информировать налогоплательщика о факте наличия задолженности; предупреждают налогоплательщика о начале в отношении его процедуры принуждения к исполнению обязанности по уплате налога (пени) и мерах по взысканию и обеспечению исполнения обязанности по уплате налога (пени). Налоговые органы должны указывать в требовании об уплате налога (пени) все сведения, предусмотренные п. 4 ст. 69 НК РФ, ибо их отсутствие является существенным нарушением прав налогоплательщика, так как не дает ему возможности четко определить, за какой налоговый период и в каком объеме он должен внести обязательные платежи.

Отсутствие обязательных сведений в требовании об уплате налога, пени и штрафа может служить основанием для его обжалования. Признание требования об уплате налога, пени и штрафа незаконным влечет следующие правовые последствия:

1) лишает налоговый орган права на взыскание сумм налоговой задолженности по данному требованию в административном порядке;

2) перечисленные налогоплательщиком денежные средства во исполнение требования об уплате налога (пени) подлежат возврату.

Как правило, налогоплательщики обжалуют требования налогового органа об уплате налога (пени) по формальным основаниям, среди которых

можно выделить неполное указание сведений, предусмотренных п. 4 ст. 69 НК РФ. Однако не стоит рассчитывать на то, что указание сведений в требовании будет являться безусловным основанием для признания его незаконным. Нарушения порядка составления требования должны быть существенными и не давать ему возможности четко определить, за какой налоговый период и в каком объеме налогоплательщик должен внести обязательные платежи.

Порядок направления требования также претерпел существенные изменения [5]. Ранее требование об уплате налога можно было передать руководителю (законному или уполномоченному представителю) организации или физическому лицу (его законному или уполномоченному представителю) лично под расписку или иным способом, подтверждающим факт и дату получения этого требования. А если указанными способами требование об уплате налога вручить невозможно, то оно могло быть направлено по почте заказным письмом. Поэтому при возникновении спорных вопросов при отправке требования заказным письмом по почте суды требовали от налогового органа представить доказательства вручения требования лично под расписку или иным способом, подтверждающим факт и дату получения спорного требования, как того требуют нормы ст. 69 НК РФ, уклонения налогоплательщика от получения требования либо невозможности его личного вручения.

Все дальнейшие возможные действия налогового органа по принуждению налогоплательщика к уплате налоговых платежей в бюджет могли быть осуществлены лишь в случае, если налоговый орган располагал сведениями о вручении налогоплательщику требования.

В настоящее время п. 6 ст. 69 НК РФ предоставляет налоговому органу три самостоятельных и независимых способа направления требования:

— личная передача руководителю организации (ее законному или уполномоченному представителю) или физическому лицу (его законному или уполномоченному представителю) под расписку;

— направление по почте заказным письмом. В случае направления указанного требования по почте заказным письмом оно считается полученным по истечении шести дней с даты направления заказного письма;

— передача в электронной форме по телекоммуникационным каналам связи.

Требование об уплате налога направляется налогоплательщику налоговым органом, в котором налогоплательщик состоит на учете (п. 5 ст. 69 НК РФ).

Как правило, налоговый орган направляет требование по почте заказным письмом. В силу прямого указания закона соответствующая налоговая процедура считается соблюденной независимо от фактического получения налогоплательщиком (его представителем) требования об уплате налога, направленного заказным письмом.

Действительно, в соответствии со ст. 54 ГК РФ юридическое лицо несет риск негативных последствий неполучения адресованной ему корреспонденции, если при требуемой от него степени заботливости и осмотрительности не предпримет мер, направленных на получение этой корреспонденции по месту своего нахождения.

При этом если требования об уплате налога и пени были направлены налоговым органом заказной почтой по адресу, не соответствующему данным налогового учета, в соответствии со сложившейся судебной практикой в этих случаях порядок направления требований считался не соблюденным.

Сроки требования об уплате налога, пени и штрафа определены ст. ст. 70, 101.3, 101.4 НК РФ. Установлены общий срок направления требования и срок направления требования по результатам налоговой проверки.

Если говорить об общем сроке направления требования об уплате налога, то он исчисляется со дня фактического выявления недоимки. Таким образом, обязательным условием и предпосылкой для направления требования является наличие недоимки по какому-либо обязательному платежу. Факт выявления налоговым органом недоимки фиксируется документом по установленной форме, утвержденной Приказом ФНС России от 16.04.2012 № ММВ-7-8/238@. Данный документ о выявлении недоимки налогоплательщику не направляется.

Согласно п. 1 ст. 70 НК РФ требование направляется налогоплательщику не позднее трех месяцев со дня выявления недоимки. Однако, как показывает опыт работы, в типовых случаях с целью минимизации рисков потерь бюджета срок направления требования существенно ужесточен — в настоящее время составляет не позднее 3 рабочих дней после выявления налоговым органом недоимки.

В отдельных случаях этот укороченный срок может быть увеличен в пределах, допущенных НК РФ. Это возможно по письменному заявлению руководителя организации, которое должно содержать мотивированные объяснение не возможности соблюдения установленных сроков уплаты налога. Необходимо отметить, что получение организацией права на указанное увеличение срока является далеко не простой задачей, которая должна решаться сразу после образования недоимки.

Статьей 100.1 НК РФ установлено, что дела о выявленных в ходе камеральной или выездной налоговой проверки налоговых правонарушений рассматриваются в порядке, предусмотренном ст. 101 НК РФ, а дела о выявленных в ходе иных мероприятий налогового контроля налоговых правонарушений рассматриваются в порядке, предусмотренном ст. 101.4 НК РФ.

В связи с этим если производство по делу о налоговом правонарушении осуществлялось в порядке, предусмотренном ст. 101 НК РФ, то требование об уплате налога (сбора), соответствующих пеней, а также штрафа в случае привлечения этого лица к ответственности за налоговое правонарушение должно быть направлено налогоплательщику в течение 10 дней с даты вступления в силу соответствующего решения.

Статья 101.4 НК РФ не содержит сроков вступления в силу решения, как это определено в ст. 101.2 НК РФ (для решений, принятых по ст. 101 НК РФ). Следовательно, если производство по делу о налоговом правонарушении осуществлялось в порядке, предусмотренном ст. 101.4 НК РФ, то требование об уплате налога, пени и штрафа должно быть направлено налогоплательщику в течение 10 дней с даты его вынесения.

Как установлено п. 6 ст. 69 НК РФ, требование об уплате налога может быть передано налогоплательщику в электронной форме по телекоммуникационным каналам связи, при этом режим направления требования является существенно более мягким, в частности: требования об уплате налога в электронном виде направляются налогоплательщикам по телекоммуникационным каналам связи не позднее срока, установленного п. 1 ст. 70 НК РФ, но не ранее 75 календарных дней со дня выявления недоимки (письмо ФНС России от 09.03.2011 № ЯК-4-8/3612@ «О порядке направления требования об уплате налога,

сбора, пени, штрафа в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи»).

Следует иметь в виду, что если налогоплательщики самостоятельно исчисляют сумму налога и представляют налоговую декларацию, то недоимка по такому налогу не может быть выявлена налоговым органом ранее даты представления деклараций. Соответственно, если срок уплаты налога и представления декларации истек, срок направления требования об уплате налога исчисляется с момента представления налогоплательщиком налоговой декларации в налоговый орган.

Таким образом, установлен общий срок направления требования – не позднее трех месяцев со дня выявления недоимки. Если требование об уплате налога направляется налогоплательщику в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи, то срок должен быть не позднее срока, установленного п. 1 ст. 70 НК РФ, но не ранее 75 календарных дней со дня выявления недоимки. Срок направления требования по результатам налоговой проверки (в том числе направленного в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи) – в течение 10 дней с даты вступления в силу соответствующего решения.

Пунктом 4 ст. 69 НК РФ (в ред. Федерального закона от 29 июня 2012 г. № 97-ФЗ) установлен минимальный срок на исполнение требования, который обязан предоставить налоговый орган налогоплательщику для добровольной оплаты недоимки: требование об уплате налога должно быть исполнено в течение восьми дней с даты получения указанного требования, *если более продолжительный период времени для уплаты налога не указан в этом требовании*.

Если же требование об уплате налога будет направлено налогоплательщику в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи, то согласно п. 4 Письма ФНС России от 09.03.2011 № ЯК-4-8/3612@ «О порядке направления требования об уплате налога, сбора, пени, штрафа в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи» срок исполнения требования об уплате налога, сбора, пени, штрафа, направленного организациям, индивидуальным предпринимателям в электронном виде по телекоммуникационным каналам связи, должен составить не менее 20 календарных дней, а физическим лицам, не являющимся индивидуальными предпринимателями, – не менее 30 календарных дней.

До истечения срока на добровольное исполнение требования налоговый орган не вправе применять последующие меры принудительного взыскания налога, пени и штрафа. Данная позиция подтверждается устоявшейся судебной практикой признания незаконными постановлений о взыскании задолженности за счет имущества или денежных средств на счетах, принятых налоговыми органами до истечения срока на добровольное исполнение требования.

Анализ действующего механизма взыскания задолженности показал, что с одной стороны, законодательством четко определен рекомендованный для указания в требовании срок его исполнения – 8 дней, с другой стороны, предусмотрена возможность указания иного, более продолжительного периода времени.

Исходя из опыта работы налоговых органов Тульской области, в отношении определенной группы организаций, зарекомендовавших себя в качестве исполнительных плательщиков, степень доверия к которым со стороны налоговых органов достаточно высока, данный срок может быть увеличен, например, до месяца. Более продолжительный срок влечет возрастание риска не исполнения обязательств, поскольку не исключает возможность оперативного вывода должником своих активов.

Существующая законодательная инвариантность в сроках применения мер принудительного взыскания задолженности может быть использована налогоплательщиком в качестве временной меры для восполнения сложившегося по объективным причинам дефицита средств (например, ввиду несвоевременного расчета местного бюджета, задержкой расчета по гособоронзаказу, ожиданием дотационного перечисления или т. п.).

В этой связи интерес представляет выработка наиболее целесообразной стратегии поведения предприятия при взаимодействии с налоговыми органами в условиях наличия непогашенной задолженности по обязательным платежам.

Первым шагом такого взаимодействия является предоставление в налоговые органы сведений, позволяющих сделать вывод о благонадежности организации, в пользу чего могут свидетельствовать следующие факторы:

- отсутствие нарушений платежной дисциплины в прошлом;
- своевременное представление налоговой и бухгалтерской отчетности;

- взаимодействие с налоговыми органами по телекоммуникационным каналам связи (ТКС);
- наличие существенных активов, в том числе – высоколиквидных;
- наличие в собственности недвижимого имущества (зданий, сооружений, земельных участков), и т. д.

Дополнительно можно обосновать жизнеспособность предприятия, востребованность его продукции (услуг), возможность выхода на рентабельный уровень производства, описать усилия предприятия по расчетам с кредиторами.

Усиливать аргументы можно представлением оригиналов правоустанавливающих документов на объекты имущества и гарантийными письмами о реализации имущества, с приложением конкретных коммерческих предложений о сроках и цене продажи [5, 9].

Данный шаг следует предпринять с момента возникновения недоимки, ни в коем случае не дожидаясь получения от налоговых органов требования. Основной задачей должника на этом этапе является получение права на применение мер взыскания по более приемлимым срокам в пределах, допустимых НК РФ.

Одновременно целесообразна подготовка предложений по перспективному поэтапному погашению недоимки. Основными требованиями, предъявляемыми к этим предложениям, является положительная динамика платежей, полное внесение текущих платежей и погашение недоимки темпами не меньшими, чем требуют документы по реструктуризации задолженности [3].

При получении налогоплательщиком требования об уплате налога крайне важно незамедлительно провести сверку расчетов с бюджетом в утвержденном ФНС России порядке. Сумма недоимки меняется в соответствии с поступлением платежей на ее уплату, периодичность внесения которых может быть хоть ежедневной. Поскольку в налоговые органы часть сведений из подразделений казначейства поступает с задержкой в 1–2 дня, объем претензий по требованию может не соответствовать реальной недоимке, что недопустимо. Согласно п. 4 ст. 69 НК при этом применение мер взыскания недоимки требует от налоговых органов высокой дисциплины исполнения, в противном случае оно может быть успешно оспорено должником.

В случае выявления переплат по налогам, необходимо незамедлительно направить их на погашение недоимки. Кроме того, необходимо

выявить и реализовать возможности получения отсрочек и рассрочек по уплате налогов.

Во избежание применения дальнейших мер принудительного взыскания задолженности – таких как, списание средств с расчетного счета организации и реализация судебными приставами имущества, гашение претензий по требованиям об уплате налога должно стать приоритетным по отношению ко всем иным платежам.

Для этих целей следует провести комплексный анализ пассивов организации для целей выявления финансовых резервов. Созданию резерва может способствовать достигнутая с контрагентами договоренность об отсрочке оплаты поставленных материалов или продукции

ЛИТЕРАТУРА

1 Конторович А.Э., Коржубаев А.Г., Эдер Л.В. Налоги и налоговое администрирование. Федерал. налоговая служба Финансовый ун-т при Правительстве Рос. Федерации. М.: Просвещение, 2015. 912 с.

2 Прогноз глобального энергообеспечения: методология, количественные оценки, практические выводы // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление: сетевой журн. 2006. № 5. URL: <http://www.vipstd.ru/gim/content/view/90/278/>

3 Налоговый кодекс Российской Федерации, часть 1. URL: <http://base.garant.ru/10900200/>

4 Алехин С.Н. Деятельность территориальных налоговых органов в современных условиях России: монография. Тула: «Инфра», 2006. 215 с.

5 Апресова Н.Г. Налогообложение бизнеса: правовые основы. М.: Проспект, 2013. 144 с.

6 Майбуров И.А., Иванов Ю.Б. Налоги и налогообложение. Палитра современных проблем. М.: ЮНИТИ, 2016. 375 с.

7 Logo P.B. The decentralized forestry taxation system in Cameroon: local management and state logic // Environmental Governance in Africa Working Paper Series (WRI). 2003. № 10. 36 p. URL: <https://www.cifor.org/library/1229/the-decentralized-forestry-taxation-system-in-cameroon-local-management-and-state-logic/>.

8 Jari O., Magnus H., Mikael S. et al. Swedish taxation: developments since 1862 // New York: Palgrave Macmillan. 2015. P. 334. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ehr.12561>

9 Jaidi J., Noordin R., Kassim A.W.M. Individual taxpayers perception towards self-assessment system // Journal of the Asian Academy of Applied Business (JAAAB). 2013. V. 2. P. 524–530. URL: <http://jurcon.ums.edu.my/ojums/index.php/JAAAB/article/view/961>

10 Banamali N. Goods and services tax: A milestone in Indian economy // International Journal of Applied Research. 2017. V. 3(3). P. 699–702. URL: <http://www.allresearchjournal.com/archives/2017/vol3issue3/PartK/3-3-165-248.pdf>

(оказанных услуг), либо о переносе срока уплаты по кредитам, временное привлечение заемных средств, нецелевое использование страховых, премиальных фондов с последующей компенсацией за счет полученной прибыли и иные меры, выходящие за пределы данной работы и являющиеся предметом отдельного рассмотрения.

Заключение

Принятие комплекса вышеуказанных мер предоставит должнику дополнительное время и средства для устранения недоимки по обязательным платежам, и это без непосредственного воздействия на расчетные счета организации.

11 Haitao M., Peng X. On Revision of China's Budget Law on the Background of Deepening Fiscal and Taxation System Reform –An Analysis of Revision Background, Content and Effect of China's Budget Law // Finance & Economics of Xinjiang. 2014. V. 6. P. 425–429. URL: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-XJCJ201406002.htm

REFERENCES

1 Kontorovich A.E., Korzhubaev A.G., Eder L.V. Nalogi i nalogovoe administrirovanie [Taxes and tax administration. Fed. tax service Financial institution under the Government of Rus. Federation] Moscow, Prosveshchenie, 2015. 912 p. (in Russian)

2 Forecast of global energy supply: methodology, quantitative estimates, practical conclusions. *Mineral'nye resursy Rossii* [Mineral Resources of Russia. Economics and management: network journal] 2006. no. 5. Available at: <http://www.vipstd.ru/gim/content/view/90/278/>. (in Russian)

3 Nalogovyi kodeks RF [The Tax Code of the Russian Federation, Part 1] Available at: <http://base.garant.ru/10900200/>. (in Russian)

4 Alekhin S.N. Deyatel'nost' territorial'nykh nalogovykh organov [The activities of territorial tax authorities in the modern conditions of Russia: a monograph] Tula, Infra, 2006. 215 p. (in Russian)

5 Aprisova N.G. Nalogooblazhenie biznesa [Taxation of business: legal framework] Moscow, Prospekt, 2013. 144 p. (in Russian)

6 Maiburov I.A., Ivanov Yu.B. Nalogi i nalogooblazhenie [Taxes and taxation. A palette of modern problems] Moscow, UNITY, 2016. 375 p. (in Russian)

7 Logo P.B. The decentralized forestry taxation system in Cameroon: local management and state logic. Environmental Governance in Africa Working Paper Series (WRI). 2003. no. 10. 36 p. Available at: <https://www.cifor.org/library/1229/the-decentralized-forestry-taxation-system-in-cameroon-local-management-and-state-logic/>.

8 Jari O., Magnus H., Mikael S. et al. Swedish taxation: developments since 1862. New York: Palgrave Macmillan. 2015. p. 334. Paper Series (WRI). 2003. no. 10. 36 p. Available: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/ehr.12561>

9 Jaidi J., Noordin R., Kassim A.W.M. Individual taxpayers perception towards self-assessment system. Journal of the Asian Academy of Applied Business (JAAAB). 2013. vol. 2. pp. 524–530. Paper Series (WRI). 2003. no. 10. 36 p. Available: <http://jurcon.ums.edu.my/ojums/index.php/JAAAB/article/view/961>

10 Banamali N. Goods and services tax: A milestone in Indian economy. International Journal of Applied Research. 2017. vol. 3(3). pp. 699–702. Paper Series (WRI). 2003. no. 10. 36 p. Available:

<http://www.allresearchjournal.com/archives/2017/vol3issue3/PartK/3-3-165-248.pdf>

11 Haitao M., Peng X. On Revision of China's Budget Law on the Background of Deepening Fiscal and Taxation System Reform –An Analysis of Revision Background, Content and Effect of China's Budget Law. Finance & Economics of Xinjiang. 2014. vol. 6. pp. 425–429. Paper Series (WRI). 2003. no. 10. 36 p. Available: http://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTOTAL-XJCJ201406002.htm

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Сергей Н. Алехин д.э.н., профессор, УФНС России по Тульской области, г. Тула, 300041, Россия, ул. Тургеневская, д. 66, sn_alehin@mail.ru

Дарья А. Левачева начальник отдела работы с налогоплательщиками, УФНС России по Тульской области, г. Тула, 300041, Россия, ул. Тургеневская д. 66, alex.levachev@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Сергей Н. Алехин консультация в ходе исследования

Дарья А. Левачева написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 28.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 04.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Sergei N. Alekhin Dr. Sci. (Econ.), professor, UFNS of Russia in the Tula region, 66 Turgenevskaya str., Tula, 300041, Russia, sn_alehin@mail.ru

Darya A. Levacheva head of Department of work with taxpayers, UFNS of Russia in the Tula region, 66 Turgenevskaya str., Tula, 300041, Russia, alex.levachev@yandex.ru

CONTRIBUTION

Sergei N. Alekhin consultation during the study

Darya A. Levacheva wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.28.2018

ACCEPTED 5.4.2018

Инновации как фактор конкурентоспособности агропромышленного предприятия

Евгения А. Козлобаева	¹	cneltyndufe@mail.ru
Ирина А. Глотова	¹	glotova-irina@mail.ru
Светлана И. Яблоновская	¹	alandd@yandex.ru
Артем Н. Литовкин	²	litovkin1990@mail.ru

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394036, Россия

² ПАО Молочный комбинат «Воронежский», ул. 45 Стрелковой Дивизии, 259, г. Воронеж, 394016, Россия

Реферат. Конкурентоспособность различных хозяйствующих субъектов выступает актуальной темой экономических исследований. Для агропромышленных предприятий важным условием конкурентоспособности являются инновации в сфере промышленных технологий. Практический интерес к разработке и реализации инновационных продуктов заключается в создании резервов для обновления и дальнейшего развития воспроизводственного процесса. С этой точки зрения необходима оценка целесообразности внедрения предлагаемых технологических инноваций, основанная, в том числе, на использовании метода SWOT-анализа и инвестиционной оценке конкурентоспособности проектных решений. При проведении метода SWOT-анализа в качестве объекта исследования рассмотрена конкурентная среда функционирования агропромышленного предприятия. Предметом исследования является процесс повышения конкурентоспособности агропромышленного предприятия по переработке продукции птицеводства за счет разработки и внедрения наукоемких технологических инноваций, в качестве которых авторы позиционируют новые рецептурно-компонентные решения паштетных масс, основанных на использовании вторичных коллагенсодержащих продуктов убоя и переработки птицы, в частности, цыплят-бройлеров. Подчеркнуто значение данных инноваций для укрепления конкурентных позиций предприятий АПК. Обоснована экономическая эффективность внедрения технологических инноваций с точки зрения получения инвестиционного эффекта и наличия сравнительных преимуществ перед альтернативным вариантом финансовых вложений в форме банковского вклада. В выбранном диапазоне ставки банка (12–20%) производственный вариант вложений устойчиво является более эффективным по сравнению с возможным доходом в виде процента по вкладам, в частности, по критериям, внутренней доходности и срока окупаемости инвестиций.

Ключевые слова: конкурентоспособность хозяйствующих субъектов, конкурентные преимущества, новшество, технологические процессные инновации, вторичные ресурсы, метод SWOT-анализа, эффективность внедрения инноваций, инвестиционный эффект

Innovation as a factor of competitiveness of agricultural enterprises

Evgeniya A. Kozlobaeva	¹	cneltyndufe@mail.ru
Irina A. Glotova	¹	glotova-irina@mail.ru
Svetlana I. Yablonovskaya	¹	alandd@yandex.ru
Artem N. Litovkin	²	litovkin1990@mail.ru

¹ Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter I, Michurina str., 1, 394016, Voronezh, Russia

² PJSC dairy plant Voronezhsky, 45 Strelkovoy Divizii str., 259, Voronezh, 394016, Russia

Summary. The competitiveness of various economic entities is an actual topic of economic research. For agro-industrial enterprises, innovation in the field of industrial technologies is an important condition for competitiveness. Practical interest in the development and implementation of innovative products is the creation of reserves for the renewal and further development of the reproductive process. From this point of view, it is necessary to assess the feasibility of introducing proposed technological innovations, based, inter alia, on the use of the SWOT analysis method and the investment evaluation of the competitiveness of project solutions. When carrying out the SWOT-analysis method, the competitive environment of the functioning of the agro-industrial enterprise is considered as an object of research. The subject of the study is the process of increasing the competitiveness of the agro-industrial enterprise for the processing of poultry products by developing and introducing high technology technological innovations, in which the authors position new recipe-component solutions for paste based on the use of secondary collagen-containing slaughter and poultry products, in particular chickens, broilers. The importance of these innovations is emphasized to strengthen the competitive positions of enterprises in the agroindustrial complex. The economic efficiency of introducing technological innovations is substantiated from the point of view of obtaining an investment effect and having comparative advantages over an alternative variant of financial investments in the form of a bank deposit. In the selected range of bank rates (12–20%), the production variant of investments is more stable than the possible income in the form of interest on deposits, in particular by criteria, internal profitability and the payback period of investments.

Keywords: competitiveness of business entities, competitive advantage, innovation, technological process innovation, secondary resources, the SWOT-analysis, efficiency, innovation, investment effect

Для цитирования

Козлобаева Е.А., Глотова И.А., Яблоновская С.И., Литовкин А.Н. Инновации как фактор конкурентоспособности агропромышленного предприятия // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 366–374. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-366-374

For citation

Kozlobaeva E.A., Glotova I.A., Yablonovskaya S.I., Litovkin A.N. Innovation as a factor of competitiveness of agricultural enterprises. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 366–374. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-366-374

Введение

Конкурентоспособность различных хозяйствующих субъектов на протяжении нескольких последних десятилетий выступает все более актуальной темой экономических исследований и их практических приложений [1–3]. В тематических отечественных и зарубежных источниках можно увидеть разнообразие подходов к формулировке данного понятия – в зависимости от целей исследования, субъекта конкурентных отношений, предмета конкуренции и т. д. [4–8].

Если в качестве субъекта конкурентных отношений рассматривать предприятие, то его конкурентоспособность можно определить, как отношения, отражающие возможность использования наличного конкурентного потенциала предприятия для обеспечения устойчивого долговременного развития в соответствии со специфическими критериями эффективности воспроизводства.

В рамках данного определения уровень конкурентоспособности предприятия определяется через объективное сравнение текущих параметров ее оценки, с выбранными базовыми. С изменением базовых показателей происходит постоянное обновление параметров (факторов) конкурентоспособности.

Так, рост конкурентоспособности предприятия может быть достигнут за счет формирования и развития интереса к его деятельности, а в конечном итоге, к его товару. Одним из направлений такой деятельности в современных условиях стало активное развитие инновационных процессов, итогом которых являются принципиально новые технологии и нетривиальные виды произведенной продукции [9, 10].

Основная часть

Одна из особенностей рыночной конкуренции состоит в том, что, с одной стороны, она приводит к сокращению количества неконкурентоспособных участников рынка, а, с другой, – к ускоренному росту разного рода новшеств. Симптоматичным моментом является тот факт, что ускорение темпов появления новых продуктовых товаров сопровождается сокращением периода устаревания еще недавно новой и привлекательной идеи. Короткий момент от зарождения идеи до ее морального износа приводит к рождению и внедрению новых инноваций, что наряду с постоянной сегментацией рынка и изменчивостью потребительских предпочтений активизирует инновационную деятельность предприятия.

Инновации, как известно, представляют собой любую модернизацию во всех направлениях хозяйственной деятельности, касаясь актуальных

вопросов сбалансированного развития инновационной и инвестиционной деятельности, концептуальных особенностей сбалансированного развития бизнес-организаций, инновационных проявлений конкуренции в современной концепции маркетинга [9, 12,13]. Однако для агропромышленных предприятий важным условием конкурентоспособности являются инновации в сфере промышленных технологий. Практический интерес к разработке и реализации инновационных продуктов заключается в создании резервов для обновления и дальнейшего развития воспроизводственного процесса.

Именно технологические инновации в агропромышленном комплексе в наибольшей степени будут способствовать повышению эффективности производства за счет устойчивого сокращения затрат ресурсов и труда в расчете на единицу полученных полезных эффектов новых продуктов. И это может расцениваться как одно из направлений формирования конкурентного потенциала перерабатывающего предприятия.

Использование широкой научной базы экспериментальных исследований позволило ученым кафедры технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции факультета технологии и товароведения Воронежского государственного аграрного университета имени императора Петра I предложить новые рецептурно-компонентные решения паштетных масс, основанные на использовании вторичных коллагенсодержащих продуктов убоя и переработки птицы, в частности, голов и ног цыплят-бройлеров кросса «РОСС-308» [11–13]. Данная разработка, несомненно, является технологической процессной инновацией, поскольку представляет собой модифицированную технологию производства паштетных масс с применением дополнительных технологических приемов, корректирующих естественные структурно-механические свойства конечного продукта и повышающие его пищевую ценность [14, 15].

Таким образом, с позиций технико-технологических характеристик предложенная разработка может рассматриваться как новшество. Однако только рынок является окончательным судьей при отборе инновационных решений. Новшества, представляющие интерес с точки зрения технологических решений, могут быть отвергнуты, как не способствующие получению коммерческой выгоды и укреплению конкурентных позиций. Помимо того, заданный технико-технологический уровень, так же, как и уровень эффективности должен быть обеспечен соответствующими источниками финансирования.

Инновационный характер предлагаемого продукта выражается, прежде всего, в росте эффективности функционирующей (ранее сложившейся) системы. В немалой степени это определяется перспективами коммерциализации предложенных разработок, которые, в свою очередь, определяются устойчивым обеспечением биологической эффективности разработки и получением определенного социального результата.

С позиции укрепления конкурентоспособности предприятия «узким местом» является возможная убыточность производственной деятельности после при внедрении инноваций, причем, не только в краткосрочном, но и в долгосрочном периоде, что не соответствует критерию обеспечения устойчивого долговременного развития. В качестве наиболее очевидной причины этого можно назвать недостаточный опыт инновационной деятельности, что может выражаться и в преждевременности внедрения

новой технологии с точки зрения приведения в соответствие уровня издержек и реального уровня цен; и в отсутствии качественного анализа экономической конъюнктуры, в том числе потенциального спроса; и в недостаточном внимании к возможному активному противодействию со стороны конкурентов; и в пренебрежении к фирменным факторам продвижения инноваций (имидж предприятия, торговая марка) и др.

Предусмотреть, а по возможности, исключить возможные угрозы и усилить слабые стороны деятельности, связанной с внедрением инноваций, позволит SWOT-анализ. Даже с учетом ограниченности этого метода планирования (трудности с получением динамической оценки развития), его использование позволяет получить комплексное видение ситуации, требующей решения.

Результаты проведенного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1.

SWOT-анализ субпродуктов как объекта переработки

Table 1.

SWOT-analysis of by-products as a recycling facility

	Положительное влияние Positive influence	Отрицательное влияние Bad influence
Внутренняя среда Internal environment	<p>Уникальность и высокая потребительская ценность: Uniqueness and high consumer value:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствие необходимости использования пищевых добавок для коррекции функционально-технологических свойств пищевых систем; – no need to use food additives to correct the functional and technological properties of food systems; – натуральный источник аналогов пищевых волокон животного происхождения; – no need to use food additives to correct the functional and technological properties of food systems; – натуральный источник минеральных веществ, соответствующих костной ткани по количественному соотношению; – a natural source of analogues of dietary fiber of animal origin; – безопасность продукта (качество упаковки, срок годности); – product safety (package quality, shelf life) 	<p>Особенности технологического процесса: Features of technological process:</p> <ul style="list-style-type: none"> – потенциальная контаминация сырья в процессе производства и переработки; – Potential contamination of raw materials in the process of production and processing; – высокая механическая прочность сырья в нативном состоянии; – high mechanical strength of raw materials in the native state; – наличие кератиновых структур, упроченных дисульфидными связями, не поддающихся деструкции при баротермической обработке. – the presence of keratin structures, strengthened by disulfide bonds, which can not be degraded by barothermic treatment.
Внешняя среда External environment	<p>Низкие издержки на производство: Low production costs:</p> <ul style="list-style-type: none"> – низкая стоимость сырья; – low cost of raw materials; – высокая ресурсная обеспеченность – high resource security 	<p>Потенциальные риски лояльности потребителей к новым видам продуктов Разночтения в требованиях технической документации в области санитарно-гигиенических требований при отсутствии введенного в действие технического регламента таможенного союза в отношении птицепродуктов. Potential risks of consumers' loyalty to new types of products Variations in the requirements of technical documentation in the field of sanitary and hygienic requirements in the absence of the technical regulations of the customs union with regard to poultry products</p>

Практическое значение проведенного анализа состоит в том, что он позволяет выявить основной вектор развития инновационной деятельности при использовании предлагаемых разработок: определить, насколько сильные стороны способствуют снижению угроз и достижению возможностей; какое влияние могут оказать слабые стороны на возможности и угрозы; каково положительное влияние сильных сторон на слабые стороны.

Проведенный SWOT-анализ позволяет в качестве конкурентного преимущества данной разработки выделить ее уникальность и высокую потребительскую ценность. Фактором конкурентоспособности станет именно уровень полезности товара для конкретного покупателя. Таким образом, предприятия, производящие данный инновационный продукт должны в качестве собственной ниши ориентироваться на узкий сегмент рынка, ограниченный теми потребителями, которым по тем или иным причинам не подходит массовый продукт для стандартизированного массового потребления. Однако, поскольку потребительная ценность является весьма субъективным оценочным показателем, испытывающим множественное влияние, возможности экономического роста производителя рано или поздно будут ограничены фактором спроса на инновационный продукт. Поэтому конкурентные преимущества внедрения необходимо усиливать так называемыми добавочными составляющими продукции: уникальной (фирменной) упаковкой, рекламными акциями, предложением ранее не использовавшихся условий реализации продукта и другими выгодами, повышающими уровень лояльности потребителей.

В качестве внешнего фактора, обеспечивающего дополнительные возможности достижения цели, можно отметить относительно низкие затраты на производство, связанные с использованием достаточно широкой сырьевой базы вторичных ресурсов.

Усиливая сильные стороны инновационной разработки, необходимо повышенное внимание уделять свойствам, осложняющим достижение поставленной цели. В частности, в системе комплексной оценки качества и безопасности пищевых продуктов и сырья необходимо предусмотреть мониторинг их контаминации для снятия ограничений получения требуемого результата.

Внедрение на предприятии системы управления качеством на основе IFS позволит частично нивелировать объективные трудности ведения производства в отсутствие единых требований технической документации в области санитарно-гигиенических требований. В частности, необходимо разработать и сертифицировать систему управления качеством на основе детализированного анализа производственных процессов с учетом их специфики на конкретном предприятии; разработать и документально оформить единый справочник качества, содержащий следующие обязательные разделы: цели предприятия, его общую структуру (органиграмма, управление документацией, обработка рекламаций, закупки / снабжение, производство, сбыт, меры по исправлению, ответственность) и т. д.

Важным этапом внедрения новшества является доказательство его полезного эффекта при помощи стоимостных оценок. Предприятие, ориентированное на интенсивный экономический рост, необходимо использовать в своей деятельности инновационные стратегии развития, в том числе, для поддержания своих конкурентных позиций. Однако, это, как правило, сопровождается значительными затратами и повышенными рисками.

Вместе с тем при определенных условиях инновационный проект может обеспечить получение более значительного экономического эффекта по сравнению с альтернативным вариантом вложения аналогичной суммы денежных средств в форме банковского вклада. Например, применительно к предлагаемой разработке, инвестиции в инновационные продукты позволят снизить затраты на конечную продукцию и преумножить капитал инвестора.

Для иллюстрации этого положения определим экономический (инвестиционный) эффект для следующего объема производства (таблица 2).

Стоимость основных средств (капитальных вложений), а также размер затрат на их содержание и обслуживание представлены в таблице 3.

Для приобретения производственной линии и строительства цеха потребуется 6639,3 тыс. руб., а затем еще 777,2 тыс. руб. ежегодных отчислений на амортизацию и ремонт оборудования в течение срока эксплуатации проекта. Смета затрат показана в таблице 4.

Таблица 2.

Ассортимент и годовой объем производства

Table 2.

Range and annual production capacity

Наименование продукции Name of product	Структура ассортимента, % Structure assortment, %	Сменная выработка продукции, т Replaceable output products, tons	Число рабочих смен в году Number work shifts per year	Годовой объем производства, т Annual amount production, t
Паштеты из субпродуктов: Pastes from offal:	x	x	247	x
– базовый пищевой модуль – basic food module	20	0,16		39,52
– со свиным шпиком – with pork bacon	20	0,16		39,52
– с пророщенной пшеницей – with wheat germ	15	0,12		29,64
– со свиным шпиком и пророщенной пшеницей – with pork bacon and germinated wheat	15	0,12		29,64
– с ПКМП* – with PSMP	15	0,12		29,64
– со свиным шпиком и ПКМП – with pork bacon and PSMP	15	0,12		29,64
Итого Total	100	0,8		197,6

Примечание: * – порошкообразный кабачково-молочный полуфабрикат, ТУ 9164-001-2068102, продукт произведен по технологии распылительной сушки

Note: * – powdered squash-and-milk semi-finished product, TU 9164-001-2068102, the product is produced by spray drying technology

Таблица 3.

Стоимость основных средств и расчет эксплуатационных издержек

Table 3.

The value of fixed assets and the calculation of operating costs

Наименование основных средств Name of fixed assets	Кол-во, ед. Quantity, unit	Стоимость, тыс. руб. Cost, thousand RUR.	Норма, % Norm, %		Сумма за год, тыс. руб. The amount for the year, thousand roubles	
			амортизация amortization	ремонт repair	амортизация amortization	ремонт repair
Линия производства, ед. Production line, unit.	1	3003,89	10	11,7	300,4	360,5
Здание цеха, м ² Building of workshop, m ²	150	3635,37	1,5	1,7	54,5	61,8
ИТОГО Total	X	6639,26	X	x	354,9	422,3

Таблица 4.

Смета затрат по проекту

Table 4.

Project cost estimates

Виды затрат Cost Types	Сумма расходов по статьям затрат, тыс. руб. Amount of expenditure by object of expenditure, thousand RUR.		
	Всего Total	в том числена один период авансирования including for one period advances	подлежит начальному авансированию subject to initial advances
Оплата труда с начислениями Compensation with accruals	2921,6	292,2	0
Сырье и материалы Raw materials and materials	7595,8	759,6	759,6
Тара и упаковочные материалы Packaging and packaging materials	67,2	6,7	6,7
Амортизация Depreciation	354,9	35,5	0
Ремонт Repairs	422,3	42,2	42,2
Электроэнергия Electricity	178,92	17,9	17,9
Вода Water	36,65	3,7	0

Итого прямых затрат Total direct costs	11933,4	1193,3	862,0
Непредвиденные расходы Unexpected expense	596,7	21,7	5,1
Всего прямых затрат Total direct costs	12530,0	1215,0	867,1
Накладные расходы Overheads	1879,5	36,5	26,0
Внепроизводственные расходы Non-production costs	3231,1	1,1	0,8
Итого Total	17640,7	1251,5	893,2

По проекту потребуется 17640,7 тыс. руб. производственных затрат в расчете на год. Текущие вложения в проект в расчете на период авансирования составят 893,2 тыс. руб.

В таблице 5 выполнен расчет прибыли и инвестиционного эффекта по проекту.

Ожидаемый размер чистой прибыли по проекту составляет 3308,4 тыс. руб. Уровень рентабельности по чистой прибыли – 18,8%.

С учетом размера амортизационных накоплений инвестиционный эффект составит 3663,3 тыс. руб.

Получение инвестиционного эффекта свидетельствует о целесообразности вложений в промышленную реализацию представленной разработки.

В таблице 6 приведены общие показатели эффективности проекта по сравнению с альтернативным вариантом вложений в форме банковского вклада. В расчетах использован прием дифференциации ставки банковского процента (в диапазоне ставки 12–18%) для изучения надежности оценок.

Таблица 5.

Оценка инвестиционного эффекта по проекту

Table 5.

Evaluation of the investment effect of the project

Показатели Indicators	По проекту Project
Всего текущих затрат, тыс. руб. Total current costs, thousand RUR	17640,7
Стоимость продукции, тыс. руб. Cost of production, thousand RUR.	22051,8
Прибыль, тыс. руб. Profit, thousand RUR	4411,1
Налоги, тыс. руб. Taxes, thousand RUR.	1102,8
Чистая прибыль, тыс. руб. Net profit, thousand RUR.	3308,4
Уровень рентабельности, % по валовой прибыли The level of profitability, % of gross profit	25,0
Уровень рентабельности, % по чистой прибыли The level of profitability, % on net profit	18,8
Расчет инвестиционного эффекта за год Calculation of the investment effect for the year	
Чистая прибыль, тыс. руб. Net profit, thousand RUR.	3308,4
Амортизация, тыс. руб. Amortization, thousand RUR.	354,9
Инвестиционный эффект, тыс. руб. Investment effect, thousand RUR.	3663,3

Таблица 6

Показатели экономической эффективности проекта

Table 6

Economic performance indicators of the project

Показатели Indicators	Варианты изменения банковского процента Options for changing the banking percent		
	12	15	18
Срок эксплуатации, лет Service life, years	10	10	10
Совокупные вложения в проект, тыс. руб. Total investment in the project, thousand RUR.	7532,4	7532,4	7532,4
в том числе: в основные средства including: fixed assets	6639,26	6639,3	6639,3
Текущие вложения Current	893,2	893,2	893,2
Годовой инвестиционный эффект, тыс.руб. Annual investment effect, thousand RUR.	3663,3	3663,3	3663,3
Эффект за срок эксплуатации, тыс. руб. Effect for the period of operation, thousand RUR.	64285,8	74378,1	86165,0
Цена спроса на ресурсы для реализации проекта, тыс. руб. The price of demand for resources for the implementation of the project, thousand RUR	20698,3	18385,1	16463,1
Коэффициент эффективности вложений Coefficient of investment efficiency	0,24	0,26	0,28
Срок окупаемости вложений, лет Payback period, years	2,50	2,64	2,79

В процессе расчетов выявлено, что в указанном диапазоне ставки процента банка:

— годовой коэффициент эффективности вложений выше принятой для сравнения ставки банковского процента;

— цена спроса на капитальные ресурсы для реализации проекта выше стоимости оборудования для реализации проекта;

— срок окупаемости вложений меньше срока эксплуатации проекта (10 лет) и не превысит трех лет.

Проект экономически целесообразен и может быть рекомендован к реализации в конкретных условиях производства.

Подводя итоги, отметим, что расширение ассортимента птицепродуктов на основе глубокой переработки вторичных продуктов убоя (голов и ног цыплят-бройлеров) соответствует системе реализации основных национальных приоритетов в области обеспечения здоровья населения, изложенных в Российских программах «Здоровое питание – здоровье нации», «Развитие биотехнологий в России», а также в Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года.

Заключение

Среди факторов конкурентоспособности агропромышленных предприятий на первый план выходят инновационные технологии, среди которых можно отметить создание новшеств, имеющих в составе минимальное количество

ЛИТЕРАТУРА

1 Зернова В.А. Конкурентоспособность компании: актуальность и методы анализа // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. 2015. № 1. С. 169–173.

2 Ли Н.О. Исследование подходов к определению и иерархии уровней конкурентоспособности // Актуальные вопросы экономических наук. 2012. № 28. С. 130–135.

3 Шалдюшов С.Н. Конкурентоспособность и конкурентные преимущества: актуальность проблемы // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2009. № 2. С. 442–445.

4 Воробьев П.Ф., Светульников С.Г. Новый подход к оценке уровня конкуренции // Современная конкуренция. 2016. Т. 10. № 6(60). С. 5–19.

5 Вохмянин И.А. Конкурентная среда в экономике – отечественные и зарубежные подходы к формированию // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2015. № 6. Ч. 2. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/06/8679>.

6 Лымарева О.А., Топрольян Е.Л. Развитие конкурентных преимуществ предприятия в условиях экономического кризиса // Экономика и менеджмент инновационных технологий. 2015. № 4. Ч. 2. URL: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/04/8671>.

консервантов, загустителей, красителей и вкусовых добавок. Функции этих добавок может успешно исполнять натуральное сырье животного происхождения, в том числе, относящееся к разряду вторичных сырьевых ресурсов. Эффективность использования вторичных продуктов убоя цыплят-бройлеров проявляет себя как с точки зрения оптимизации технологических процессов, так и с позиции наиболее полного использования пищевых ресурсов с учетом их биотехнологического потенциала. Практический интерес к разработке и реализации инновационных продуктов заключается в создании резервов для обновления и дальнейшего развития воспроизводственного процесса, формировании конкурентных преимуществ, в том числе, за счет снижения затрат на конечную продукцию.

Обоснована экономическая эффективность внедрения технологических инноваций с точки зрения получения инвестиционного эффекта и наличия сравнительных преимуществ перед альтернативным вариантом финансовых вложений в форме банковского вклада. В выбранном диапазоне ставки банка (12–20%) производственный вариант вложений устойчиво является более эффективным по сравнению с возможным доходом в виде процента по вкладам, в частности, по критериям внутренней доходности и срока окупаемости инвестиций по сравнению с альтернативным вариантом вложений в форме банковского вклада.

7 Balkyte A., Tvaronavičiene M. Perception of competitiveness in the context of sustainable development: facets of "sustainable competitiveness" // Journal of Business Economics and Management. 2010. V. 11, № 2. P. 341–365.

8 Matyja M. Resources based factors of competitiveness of agricultural enterprises // Management: The Journal of University of Zielona Góra. – 2016. V. 20. № 1. DOI: <https://doi.org/10.1515/manment-2015-0045>. URL: <https://www.degruyter.com/view/j/manment.2016.20.issue-1/manment-2015-0045/manment-2015-0045.xml>.

9 Atkinson R.D. Competitiveness, Innovation and Productivity: Clearing up the Confusion. The Information Technology & Innovation Foundation. August 2013. URL: <http://www2.itif.org/2013-competitiveness-innovation-productivity-clearing-up-confusion.pdf>.

10 Taferner B. A next generation of innovation models? An integration of the innovation process model big picture towards the different generations of models // Review of Innovation and Competitiveness : A Journal of Economic and Social Research. 2017, V. 3. №3. P. 47–60.

11 Serebryakova N.A., Salikov Y.A., Kolomytseva O.Y., Pakhomova T.A. et al. Actual issues of planning of well-balanced development of innovative & investment activities // Asian Social Science. 2015. V. 11, № 20. P. 193–205.

12 Ovchinnikova T.I., Khorev A.I., Bezrukova T.L., Salikov Y.A. et al. Innovation manifestations of competition in contemporary concept of marketing // Mediterranean Journal of Social Sciences. 2015. V. 6. № 36. P. 53–58.

13 Khorev A.I., Salikov Y.A., Serebryakova N.A. Conceptual features of the balanced development of business organizations // Asian Social Science. 2015. V. 11, № 20. P. 22–28.

14 Глотова И.А., Литовкин А.Н., Козлобаева Е.А., Тищенко С.А. и др. Инновационные подходы к производству функциональных изделий паштетной группы // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 4–8. С. 1210–1213.

15 Глотова И.А., Манжесов В.И., Яровой М.Н., Литовкин А.Н. Модернизация линии для производства паштетов с использованием вторичных продуктов цыплят-бройлеров // Сельский механизатор. 2017. № 11. С. 28–29

REFERENCES

1 Zernova V.A. Competitiveness of the company: relevance and methods of analysis. *Teoreticheskie I prikladnye voprosy ekonomiki I sfery uslug* [Theoretical and applied questions of economics and services] 2015. no. 1. pp. 169-173. (in Russian)

2 Li N.O. Investigation of approaches to the definition and hierarchy of levels of competitiveness. *Aktual'nye voprosy ekonomicheskikh nauk* [Actual questions of economic sciences] 2012. no. 28. pp. 130-135. (in Russian)

3 Shaldyushov S.N. Competitiveness and competitive advantages: the urgency of the problem. *Ekonomika I menedzhment* [Bulletin of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law] 2009. no. 2. pp. 442-445. (in Russian)

4 Vorobiev P.F., Svetunkov S.G. A new approach to assessing the level of competition. *Sovremennaya konkurentsia* [Contemporary competition] 2016. vol. 10. no. 6 (60). pp. 5-19. (in Russian)

5 Vohmyanin IA Competitive environment in the economy - domestic and foreign approaches to the formation. *Ekonomika I menedzhment* [Economics and management of innovative technologies] 2015. no. 6. part 2. Available at: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/06/8679>. (in Russian)

6 Lymareva O.A., Toprolian E.L. Development of competitive advantages of the enterprise in the conditions of an economic crisis. *Ekonomika I menedzhment* [Economics and management of innovative technologies] 2015. no. 4. part 2. Available at: <http://ekonomika.snauka.ru/2015/04/8671> (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Евгения А. Козлобаева к.э.н., доцент, кафедра экономики АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394036, Россия, cnelyndufe@mail.ru

Ирина А. Глотова д.т.н., профессор, кафедра технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394036, Россия, glotova-irina@mail.ru

Светлана И. Яблоновская к.э.н., доцент, кафедра экономики АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394036, Россия, alandd@yandex.ru

7 Balkyte A., Tvaronavičiene M. Perception of competitiveness in the context of sustainable development: facets of "sustainable competitiveness". *Journal of Business Economics and Management*. 2010. vol. 11, no. 2. pp. 341–365.

8 Matyja M. Resources based factors of competitiveness of agricultural enterprises. *Management: The Journal of University of ZielonaGóra*. 2016. vol. 20. no. 1. DOI: <https://doi.org/10.1515/manment-2015-0045>. Available at: <https://www.degruyter.com/view/j/manment.2016.20.issue-1/manment-2015-0045/manment-2015-0045.xml>.

9 Atkinson R.D. Competitiveness, Innovation and Productivity: Clearing up the Confusion. *The Information Technology & Innovation Foundation*. August 2013. Available at: <http://www2.itif.org/2013-competitiveness-innovation-productivity-clearing-up-confusion.pdf>.

10 Taferner B. A next generation of innovation models? An integration of the innovation process model big picture towards the different generations of models. *Review of Innovation and Competitiveness : A Journal of Economic and Social Research*. 2017. vol. 3. no. 3. pp. 47–60.

11 Serebryakova N.A., Salikov Y.A., Kolyomytseva O.Y., Pakhomova T.A. et al. Actual issues of planning of well-balanced development of innovative & investment activities. *Asian Social Science*. 2015. vol. 11, no. 20. pp. 193–205.

12 Ovchinnikova T.I., Khorev A.I., Bezrukova T.L., Salikov Y.A. et al. Innovation manifestations of competition in contemporary concept of marketing. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2015. vol. 6. no. 36. pp. 53–58.

13 Khorev A.I., Salikov Y.A., Serebryakova N.A. Conceptual features of the balanced development of business organizations. *Asian Social Science*. 2015. vol. 11, no. 20. pp. 22–28.

14 Glotova I.A., Litovkin A.N., Kozlobaeva E.A., Tishchenko S.A. Innovative approaches to the production of functional products of the pate group. *Mezhdunarodnyi studentcheskii nauchnyi vestnik* [International Student Scientific Bulletin] 2017. no. № 4-8. pp. 1210-1213. (in Russian)

15 Glotova I.A., Manzhosov V.I., Yarovoy M.N., Litovkin A.N. Modernization of the line for the production of pâtés using secondary products of broiler chickens. *Sel'skii mekhanizator* [Rural mechanizer]. 2017. no. 11. pp. 28-29. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Evgeniya A. Kozlobaeva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, chair of economy of agriculture, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394036, Russia, cnelyndufe@mail.ru

Irina A. Glotova Dr. Sci. (Engin.), professor, storage and processing of agricultural products technology department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394036, Russia, glotova-irina@mail.ru

Svetlana I. Yablonovskaya Cand. Sci. (Econ.), engineer, economy of agriculture department, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Michurina str., 1, Voronezh, 394036, Russia, alandd@yandex.ru

Артем Н. Литовкин технолог, ПАО Молочный комбинат, «Воронежский», 45 Стрелковой Дивизии, 259, 394016, г. Воронеж, Россия, litovkin1990@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Евгения А. Козлобаева разработка концепции статьи, сбор и анализ материала, интерпретация результатов.

Ирина А. Глотова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провёл эксперимент, выполнил расчёты

Светлана И. Яблоновская сбор и анализ материала

Артем Н. Литовкин написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 19.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 30.05.2018

Artem N. Litovkin technologist, PJSC Dairy plant, Voronezhskiy, 45 Strelkovoy Divizii street, 259, 394016, Voronezh, Russia, litovkin1990@mail.ru

CONTRIBUTION

Evgeniya A. Kozlobaeva development of the concept of the article, collection and analysis of the material, interpretation of the results

Irina A. Glotova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

Svetlana I. Yablonovskaya collection and analysis of material

Artem N. Litovkin wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.19.2018

ACCEPTED 5.30.2018

Оценка эффективности формирования интегрированных образований на основе экономико-математической модели

Ирина П. Богомолова¹ uopioe@yandex.ru

Ирина Н. Василенко¹

Олег М. Омельченко¹

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Резюме. Научный опыт и практика определили, что важным аспектом оптимизации процесса реорганизации предприятий в структурные интегрированные образования является отработанный и четко выстроенный методический подход, позволяющий учесть сложность функционирования сложившейся ранее структуры. Таким образом, были рассмотрены различные статистические и экономико-математические методы, применяемые для проведения комплексной оценки эффективности хозяйственной деятельности или ее отдельных сторон, которые позволили, базируясь на методе «Паттерна», в котором в основание стандартизованных значений признаков принимаются не средние, а наилучшие из показателей, разработать экономико-математическую модель оценки эффективности формирования интегрированных структур. Аргументируя вывод о составе показателей, используемых в оценке эффективности функционирования производственной структуры при вступлении в сеть, следует, что необходимо базироваться на нескольких основных показателях вместо множества несущественных, которые должны: отражать ключевые факторы успеха с учетом тенденций прошлого, настоящего и будущего; характеризовать соблюдение баланса интересов и отражать потребности клиентов, акционеров и персонала компании; учитывать все уровни организации и быть последовательными. При этом, показатели могут меняться по мере изменения стратегии предприятия и рыночной ситуации. Предложенная экономико-математическая модель, позволяющая оценить эффективность интеграционных процессов, является важным инструментом управленческой деятельности, в том числе и для предприятий зерноперерабатывающей промышленности. Проведенная апробация в условиях Воронежской хлебной компании доказала не только целесообразность ее использования, но и преимущество разработанной модели по сравнению с имеющимися методическими подходами в условиях динамичной внешней среды.

Ключевые слова: экономико-математическая модель, формирование образований, интеграция, предприятия зерноперерабатывающей промышленности

Estimation of efficiency of formation of integrated formations on the basis of economic-mathematical model

Irina P. Bogomolova¹ uopioe@yandex.ru

Irina N. Vasilenko¹

Oleg M. Omelchenko¹

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. Scientific experience and practice have determined that an important aspect of optimizing the process of reorganization of enterprises in the structural integrated education is a well-developed and well-built methodological approach that allows to take into account the complexity of the functioning of the previously established structure. Thus, various statistical and economic-mathematical methods used to carry out a comprehensive assessment of the effectiveness of economic activity or its individual parties were considered, which allowed, based on the "Pattern" method, in which the basis of standardized values of characteristics are not average, but the best of the indicators, to develop an economic and mathematical model for assessing the effectiveness of the formation of integrated structures. Arguing for the conclusion about the composition of indicators used in assessing the efficiency of the production structure when joining the network, it should be based on several key indicators instead of a set of non-essential ones, which should: reflect the key success factors taking into account the trends of the past, present and future; characterize the balance of interests and reflect the needs of customers, shareholders and staff of the company; take into account all levels of the organization and be consistent. At the same time, the indicators may change as the company's strategy and market situation change. The proposed economic and mathematical model, which allows to evaluate the effectiveness of integration processes, is an important tool of management, including for the grain processing industry. The approbation carried out in the conditions of the Voronezh grain company proved not only the expediency of its use, but also the advantage of the developed model in comparison with the existing methodological approaches in a dynamic environment.

Keywords: economic and mathematical model, formation of formations, integration, enterprises of grain processing industry

Введение

Как показал анализ существующих методик, в настоящее время отсутствует единый подход к проблеме измерения эффективности интеграционных процессов. Сложность, на наш взгляд, состоит в том, что управление интегрированной структурой подразумевает управление производственной деятельностью, заключительными результатами процесса производства, социальным и экономическим развитием предприятия, а также эффективностью внутригруппового взаимодействия. Вместе с тем, эффективность является достаточно сложным, не всегда объективным критерием. Выбор наиболее объективного критерия эффективности устанавливается с учетом определенных условий деятельности интегрированной группы, намеченных целей интеграции, причин происходящих изменений.

Однако, характеристики эффективности предприятий, обладающих различными функциями в интегрированной сети, могут быть различными. Так, если одно предприятие может получать эффект в результате поступления инвестиций или дополнительных ресурсов, а другое – в результате экономии издержек (уменьшения оттока собственных ресурсов), третье может получить выгоду от вхождения в укрупненную структуру, это станет его конкурентным преимуществом и поможет противостоять негативным воздействиям внешней среды и рынка.

Результаты и обсуждение

При разработке методических подходов к оценке эффективности деятельности интеграционных образований необходимо учитывать следующие моменты.

Для цитирования
Богомолова И.П., Василенко И.Н., Омельченко О.М. Оценка эффективности формирования интегрированных образований на основе экономико-математической модели // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 375–381. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-375-381

For citation
Bogomolova I.P., Vasilenko I.N., Omelchenko O.M. Estimation of efficiency of formation of integrated formations on the basis of economic-mathematical model. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 375–381. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-375-381

Во-первых, следует иметь заранее обговоренный перечень производственных структур – сетевых партнеров.

Во-вторых, перед проведением каких-либо расчетов, целесообразно выявить основные источники предполагаемых эффектов.

В-третьих, необходимо учитывать, что в зависимости от целей интеграции, характера деятельности создаваемой сети, отраслевой принадлежности предприятий и объединения в целом могут быть выделены различные источники возникновения планируемых эффектов внутри выбранного типа эффективности.

В-четвертых, необходимо обосновать выбор показателей, на основании которых должны быть проведены расчеты.

Как известно, для выполнения комплексной оценки эффективности хозяйственной деятельности в целом или ее отдельных сторон применяются различные статистические и экономико-математические методы: метод сумм; средняя арифметическая взвешенная; метод суммы мест и т. д.; метод балльной оценки; метод прироста совокупного ресурса на 1 % прироста продаж продукции; метод определения доли влияния интенсификации на приращение продукции, принятое за 100 %; метод суммы относительной экономии по производственным и финансовым ресурсам; «метод расстояний» для рейтинговой оценки объектов анализа.

В условиях многообразия исходных значений проблема оценки приводится к единому способу решения посредством инструментов многомерного сравнительного анализа и частных его проявлений: метода суммы мест, метода балльных оценок, многомерной средней и метода «Паттерн».

Проведение многомерной непараметрической оценки после обоснования состава показателей производится путем сравнения деятельности предприятий по значениям каждого из показателей. Обобщение имеющейся статистической информации возможно с использованием:

– обобщения в одном показателе качества функционирования системы (объединения) многих представляющих ее частных показателей;

– объединения интегральных показателей, представляющих отдельную классификационную группу, характеризующих один конкретный аспект деятельности предприятия.

Второй путь, на наш взгляд, является наиболее объективным при применении значительного разнообразия используемых показателей.

В настоящем исследовании оценка эффективности интегрированного объединения и качества его функционирования, рассматриваемых по совокупности отраслевых промышленных предприятий, была проведена согласно методике, состоящей из нескольких этапов (таблица 1):

Таблица 1.

Этапы выполнения расчетов оценки эффективности объединения отраслевых предприятий в интегрированную структуру

Table 1.

Stages of performing calculations to assess the effectiveness of the Association of industrial enterprises in an integrated structure

Этапы Stages	Обозначение и наименование определяемой величины Identification and name of the defined value	Формула для расчета Formula for calculation
1	2	3
Первый этап. Формирование матрицы исходных данных для проведения многомерного анализа First Stage. Creating a matrix of source data for multidimensional Analysis	X – матрица значений признака; n – число признаков; m – число объектов (предприятий); x_{ij} – значение j -го признака; характеризующее состояние i -го предприятия X – A matrix of characteristic values; n – The number of traits; m – Number of objects (Enterprises); x_{ij} – Value j -characteristics; characterizes state i -th Enterprises	$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix}$
Второй этап. Стандартизация признаков (показателей) The second stage. Standardization of characteristics (indicators)	\bar{x}_j – средняя арифметическая j -го признака \bar{x}_j – Arithmetic mean j trait	$\bar{x}_j = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{ij}$
	σ_i – среднеквадратическое отклонение j -го признака σ_i – Standard deviation j trait	$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (x_{ij} - \bar{x}_j)^2}$
	z_{ij} – стандартизованное значение j -го признака, характеризующее состояние i -го предприятия z_{ij} – Standardized value j , characterizes condition i Enterprises	$z_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{\sigma_i}$
	z – матрица стандартизованных значений признаков z – Matrix of standardized characteristic values	$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix}$
Третий этап. Расчет точки-эталона Third Stage. Reference point calculation	P_0 – точка-эталон P_0 – Point-Reference	$P_0 = Z_{ok} (\max)$ – для признака-стимулятора; $P_0 = Z_{ok} (\min)$ – для признака-дестимулятора
Четвертый этап. Осуществление количественной оценки эффективности интеграции Fourth stage. Implementation of quantitative assessment of the effectiveness of integration	C_{i0} – расстояние между i -м объектом (предприятием) и точкой-эталонном P_0 C_{i0} – Distance between i object (Enterprise) and reference point P_0	$C_{i0} = \sqrt{\sum (z_{ik} - z_{ok})^2}$
	C – вектор значения расстояний C – Distance value vector	$C = (C_{10}, C_{20}, \dots, C_{m0})$

Продолжение табл. 1/ Continuation of Table 1 /

1	2	3
	\bar{C}_0 – средняя арифметическая расстояний между i -м объектом (предприятием) и точкой-эталоном P_0 \bar{C}_0 – The arithmetic mean of the distances between i object (Enterprise) and reference point P_0	$\bar{C}_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m C_{i0}$
	σ – среднеквадратическое отклонение от точки P_0 σ – Standard deviation from the point P_0	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (C_{i0} - \bar{C}_0)^2}$
	C_0 – показатель качества функционирования i -го предприятия C_0 – Performance indicator i Enterprises	$C_0 = \bar{C}_0 + 2\sigma$
	D_i – обобщающий показатель эффективности (качества) функционирования i -го предприятия C_{i0} – Distance between i object (Enterprise) and reference point P_0	$D_i = 1 - \frac{C_{i0}}{C_0}$

1. Формирование групп показателей, представляющих отдельные направления оценки конкурентоспособности и качества функционирования интегрированной системы, и формирование матрицы исходных данных для дополнительного многомерного анализа.

2. Стандартизация признаков (показателей), так как все признаки имеют различную размерность. Для стандартизации использовалась формула расчета Z_{ij} (стандартизованное значение j -го признака i -го объекта).

3. Расчет эталонного показателя (точки-эталоны) P_0 , обусловленный тем, что в одномерном случае необходимо попарное сравнение показателей.

Для получения эталона все признаки делятся на стимуляторы и дестимуляторы. Соответственно, признаки, которые оказывают положительное, стимулирующее влияние, являются стимуляторами, признаки с противоположными свойствами – дестимуляторы.

В этом случае эталоном выступает вектор (точка), образованный по следующему правилу: среди признаков-стимуляторов отбираются признаки, обладающие максимальными значениями, а среди признаков-дестимуляторов – минимальными.

4. Осуществление количественной оценки. Она служит обобщающим показателем, представляя собой синтетическую величину или «равнодействующую» всех признаков, что

позволяет с ее помощью линейно упорядочить участвующие в анализе элементы. При этом, правила оценки следующие: определяется расстояние C_{ij} между точками, характеризующими исследуемые элементы, и эталонной точкой P_0 . По расстоянию между i -м объектом C_{i0} и точкой P_0 можно предварительно судить о ранге отрасли при оценке эффективности и качества системы. Чем меньше расстояние между C_{i0} и P_0 , тем более эффективно объединение. Расчеты можно уточнить, с помощью определения оценки D_i . Показатель интерпретируется следующим образом: эффективность (качество) тем выше, чем ближе значение показателя к единице.

Четвертый этап завершается ранжированием (упорядочением) элементов, участвующих в анализе, по значению показателя D_i .

Следует отметить, что основная трудность исследования конкурентоспособности интегрированной структуры заключалась в выборе показателей (признаков), с помощью которых должна проводиться оценка. С учетом экономических и финансовых показателей предприятий ЗАО «Воронежская хлебная компания» были выявлены основные направления оценки эффективности объединения в интегрированную структуру (по совокупности промышленных предприятий), позволяющие сформировать следующие группы показателей (таблица 2):

Таблица 2.

Показатели, предлагаемые к использованию для оценки эффективности деятельности предприятий и качества их функционирования

Table 2.

Indicators proposed for use to assess the effectiveness of enterprises and the quality of their functioning

Группы показателей Measure Groups	Показатели, входящие в группу Metrics included in the group	
	Стимуляторы Stimulants	Дестимуляторы Destimulants
1	2	3
Показатели динамики развития предприятий Indicators of dynamics of development of enterprises	x1 – темп роста (падения) уровня производства; x2 – отношение индекса физического объема производства предприятия к индексу интегрированного объединения в целом x1-the rate of growth (fall) of the level of production; x2-the ratio of the index of physical volume of production of the enterprise to the index of the integrated Association as a whole	x3 – показатель устойчивости предприятия x3 – Enterprise Sustainability Index

1	2	3
Показатели эффективности производственной деятельности предприятия Performance indicators of the company's production activity	x1 – коэффициент рентабельности капитала; x2 – коэффициент рентабельности продаж; x3 – коэффициент рентабельности собственного капитала; x3 – коэффициент рентабельности затрат x1 – the rate of return of capital; x2 – ratio of profitability of sales; x3 – ratio of ROE; x3 – ratio of cost	
Показатели, характеризующие финансовое состояние и устойчивость предприятий Indicators characterizing the financial condition and sustainability of enterprises	x1 – коэффициент обеспеченности предприятия собственными оборотными средствами; x2 – коэффициент текущей ликвидности; x3 – коэффициент восстановления x1 – the ratio of the enterprise own circulating assets; x2 – current ratio; x3 – the coefficient of restitution	x4 – коэффициент финансового рычага x4 – Financial leverage ratio
Показатели деловой активности и технико-экономического состояния Indicators of business activity and technical and economic status	x1 – коэффициент ввода ОПФ; x2 – коэффициент оборачиваемости запасов (оборотов); x3 – общий коэффициент оборачиваемости капитала (оборотов) x1 – the ratio of the input OPF; x2 – ratio inventory turnover (turns); x3 – total turnover rate (turnovers)	x4 – коэффициент износа ОПФ x4 – Asset Wear Rate
Показатели контроля за дебиторской и кредиторской задолженностью Indicators of control of receivables and accounts payable	x1 – коэффициент отношения выручки от реализации к просроченной дебиторской задолженности x1 – the ratio of revenue from sales to outstanding receivables	x2 – отношение кредиторской задолженности к дебиторской; x3 – доля просроченной дебиторской задолженности в общей сумме задолженности; x4 – доля просроченной кредиторской задолженности в общей сумме задолженности x2 – Ratio of accounts payable to accounts receivable; x3 – The share of overdue receivables in the total amount of arrears; x4 – The share of overdue accounts payable in the total amount of debt
Показатель численности и движения кадров Number and movement of the frame	x1 – коэффициент постоянства кадров; x2 – темп роста заработной платы x1 – the ratio of the constancy of human resources; x2 – rate of growth of wages	x3 – коэффициент текучести кадров; x4 – коэффициент оборота кадров при увольнении; x5 – коэффициент оборота кадров по приему x3 – The coefficient of staff turnover; x4 – Rate of turnover of personnel at dismissal; x5 – The rate of turnover of personnel on reception

Первая группа. Показатели динамики развития предприятий.

Вторая группа. Показатели эффективности производственной деятельности предприятия.

Третья группа. Показатели, характеризующие финансовое состояние и устойчивость предприятий.

Четвертая группа. Показатели деловой активности и технико-экономического состояния.

При невыполнении данного требования статья не будет принята к рассмотрению.

Пятая группа. Показатели контроля за дебиторской и кредиторской задолженностью. По показателям данной группы факторов представляется возможным оценить соответствующую ситуацию с неплатежами, поскольку размеры и динамика дебиторской и кредиторской задолженности значительно дифференцированы по предприятиям.

Шестая группа. Показатель численности и движения кадров предприятия.

При выборе показателей оценки эффективности объектов нами были включены те показатели финансового состояния, которые заявлены в методических положениях по

оценке финансового состояния предприятий и установлению неудовлетворительной структуры баланса, а именно, коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами, коэффициент текущей ликвидности, коэффициент восстановления (утраты) платежеспособности.

Предложенная группировка, на наш взгляд, не является статичной. Ее можно дополнять как группами показателей, так и отдельными стимуляторами и дестимуляторами в каждой из групп.

Обосновывая набор показателей для оценки эффективности функционирования производственной структуры при ее вступлении в сеть, необходимо учитывать определенные характеристики показателей, в соответствии с которыми осуществляется их выбор: отдавать предпочтение нескольким важным ключевым показателям; отобранные показатели должны характеризовать основные факторы успеха; показатели должны охватывать и позволять давать оценку прошлому, настоящему и будущему; показатели должны отражать потребности клиентов, акционеров и персонала компании, а также гарантировать соблюдение баланса их

интересов; показатели должны быть последовательными и охватывать все уровни организации; многочисленные показатели по возможности должны объединяться в несколько общих; по мере изменения стратегии предприятия и рыночной ситуации показатели могут меняться. С учетом методических подходов, представленных выше, проведем оценку эффективности деятельности предприятия, входящего в интегрированную структуру, и качество функционирования объединения в целом.

Расчет проводился с помощью программы, разработанной в среде Delphi с использованием пакета Borland Delphi 7 Studio.

Программное обеспечение предполагает следующие этапы работы.

1 этап. Ввод исходных данных. Данные представляются в виде массива выбранных показателей из данных таблицы 2. Предполагается две возможности ввода: ввод показателей вручную или с использованием ранее созданного файла в табличном процессоре Excel. При этом пользователь имеет возможность самостоятельно задать количество исследуемых предприятий и выбрать необходимые показатели из заранее созданной базы данных.

Ввод заранее организованного файла значительно упрощает процедуру для начинающих пользователей.

2 этап. При вводе данных предлагается использовать не только показатели, характеризующие предприятия в соответствии с их деятельностью, но внешнюю оценку деятельности. Последняя предполагает экспертную оценку деятельности предприятия со стороны партнеров.

Оценки расставляются по принципу «чем ниже, тем лучше» и выбираются из интервала [0, 1].

В предложенных расчетах показатели должны быть заранее выделены как стимуляторы и дестимуляторы.

3 этап. Предварительное выделение стимуляторов и дестимуляторов из массива показателей не должно носить обязательного характера. Показатели также можно распределить по группам в процессе работы с программой.

4 этап. Расчетный этап. В результате обработки информации получаем оценку эффективности интеграции как для отдельно взятого предприятия, так и для комплекса в целом.

Для сохранения конфиденциальности информации предприятия условно обозначены как $P_1; P_2; P_3; P_4$ и P_5 . Оценка эффективности интеграции для комплекса в целом представляется в виде интегрального показателя:

$$R = \sum_{i=1}^n D_i g_i, \quad (1)$$

где D_i – обобщающий показатель эффективности (качества) функционирования i -го предприятия; g_i – «внешняя» экспертная оценка предприятия, присваиваемая на 2-м расчетном этапе, $0 \leq g_i \leq 1$.

Данная оценка может интерпретироваться как уровень риска, возникающий при интеграции соответствующих предприятий. Предлагается следующая классификация оценок эффективности интеграции (таблица 3).

Таблица 3.

Шкала оценок эффективности интеграции для комплекса в целом

Table 3.

Scale of evaluation of integration efficiency for the complex as a whole

Уровень риска, возникающий при интеграции Level of risk arising from integration	Стандартизация класса Standardization of class	Значение интегрального показателя The value of the integral indicator
1	2	3
Незначительный Minor	Интегрированная структура имеет высокую деловую и экономическую репутацию The integrated structure has a high business and economic reputation	0,8–1,0
Умеренный Moderate	Интегрированная структура осуществляет контроль над развитием каждого предприятия The integrated structure controls the development of each enterprise	0,7–0,8
Средний Average	При построении стратегии объединения предприятий не учитываются финансовые и социальные риски. Интегрированное объединение имеет некоторые трудности в управлении объединенными предприятиями Financial and social risks are not taken into account when building a strategy for business combination. The integrated Association has some difficulties in managing joint ventures	0,5–0,7

1	2	3
Критический Critical	Интегрированная структура реагирует на негативные последствия постфактум. Деятельность организации по управлению рисками является низкоэффективной, поскольку осуществляется по мере возникновения проблем, а не работает на опережение The integrated structure reacts to the negative consequences after the fact. The organization's risk management activities are low-performing because they are implemented as problems arise, rather than working ahead of the curve	0,3–0,5
Предельный Limit	В рамках управления рисками слабо проработаны регламенты действий в непредвиденных ситуациях или отсутствуют. Низкое качество продукции, связанное с применением устаревших технологий. Отсутствие надлежащего контроля качества Within the framework of risk management, regulations for actions in unforeseen situations are poorly developed or absent. Low quality products associated with the use of outdated technologies. Lack of proper quality control	0,1–0,3
Недопустимый Unacceptable	Интегрированная структура не понимает ожиданий клиентов / партнеров и вследствие этого в той или иной мере не выполняет свои обязательства. Высшее руководство формирует негативное отношение к вопросам этики и корпоративной культуры, социальной ответственности бизнеса; неэтичные и мошеннические действия сотрудников среднего и низшего звена The integrated structure does not understand the expectations of customers / partners and therefore does not fulfill its obligations in one way or another. Top management forms a negative attitude to the issues of ethics and corporate culture, social responsibility of business; unethical and fraudulent actions of middle and lower level employees	≤0,1

Анализируя полученные расчеты, можно сделать следующие выводы:

— все рассмотренные предприятия обладают достаточным потенциалом для вхождения в интегрированную структуру, так как оценки эффективности их интеграции близки к единице;

— при объединении рассмотренных предприятий в интегрированную структуру эффект для всего комплекса составляет 0,81, что можно расценивать как незначительный риск, возникающий при объединении.

Предложенная экономико-математическая модель, позволяющая оценить эффективность интеграционных процессов, является важным инструментом управленческой деятельности. Ее апробация в условиях Воронежской хлебной компании не только доказало целесообразность

ЛИТЕРАТУРА

1 Богомолова И.П. Система управления интегрированными корпоративными структурами зерноперерабатывающих предприятий: монография. Воронеж: ЦНТИ. 2014. 214 с.

2 Омельченко О.М. Реинжиниринг предприятий перерабатывающей промышленности на примере ЗАО «Воронежская хлебная компания» // Экономика и предпринимательство. 2014. № 1. С. 612–616.

3 Омельченко О.М. Система управления интегрированными корпоративными структурами зерноперерабатывающих предприятий: монография. Воронеж: ЦНТИ. 2014. 160 с.

4 Омельченко О.М. Аналитические инструменты оценки рентабельности деятельности предприятий. Коллективная монография. Воронеж: типография Воронежского ЦНТИ – филиала ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. 2014. 278 с.

ее использования, но и преимущество по сравнению с имеющимися методическими подходами в условиях динамичной внешней среды.

Заключение

Таким образом, при проведении рейтинговой оценки эффективности формирования интегрированных структур установлена возможность использовать разработанную экономико-математическую модель, в основу которой положен метод многомерного сравнительного анализа. Отобранные ключевые показатели и факторы успеха распространяются на все уровни организации, что позволит не только оценить социально-экономический потенциал отраслевых предприятий и степень риска, возникающего в процессе объединения, но и дать характеристику соблюдения баланса интересов собственников, партнеров и работников корпорации.

5 Becht M. European Corporate Governance: Trading off Liquidity against Control // European Economic Review, 1999. Vol. 43. P. 1072.

6 Brousseau E., Fare M. Incomplete Contracts and Governance Structures. – In: Institutions, Contracts and Organizations: Perspectives from New Institutional Economics / Ed. by C. Menard. – Cheltenham, Edward Elgar. 2000. P. 196.

7 Bolton P., Winston M.D. Incomplete Contracts, Vertical Integration and Supply Assurance // Review of Economic Studies. 1993. Vol. 60. P. 43–57.

8 Bolton P., Scharfstein D.S. Optimal Debt Structure and the Number of Creditors // Journal of Political Economy. 1996. Vol. 104. P. 126–138.

9 Алексеев Г.В., Егошина Е.В., Боровков М.И., Егорова Г.Н. Применение сегментного анализа для разработки стратегии развития образовательного учреждения. Вестник ВГУИТ. 2015; № 3 с. 224–227. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-3-224-227>

REFERENCES

1 Bogomolova I.P. management System of integrated corporate structures of grain processing enterprises: monograph. The Voronezh CSTI. 2014. 214 p. (in Russian)

2 Omelchenko O.M. Reengineering of enterprises of processing industry on the example of JSC "Voronezh bread company" // Economy and entrepreneurship. 2014. No. 1. P. 612–616. (in Russian)

3 Omelchenko O.M. management System of integrated corporate structures of grain processing enterprises: monograph. The Voronezh CSTI. 2014. 160 p. (in Russian)

4 Omelchenko O.M. Analytical tools for assessing the profitability of enterprises. Collective monograph. Voronezh: typography Voronezh CSTI – branch fgbu "REA" Minenergo Russia. 2014. 278 p. (in Russian)

5 Becht M. European Corporate Governance: Trading off Liquidity against Control // European Economic Review, 1999. Vol. 43. P. 1072. (in Russian)

6 Brousseau E., Fare M. Incomplete Contracts and Governance Structures. – In: Institutions, Contracts and Organizations: Perspectives from New Institutional Economics / Ed. by C. Menard. – Cheltenham, Edward Elgar. 2000. P. 196. (in Russian)

7 Bolton P., Winston M.D. Incomplete Contracts, Vertical Integration and Supply Assurance // Review of Economic Studies. 1993. Vol. 60. P. 43–57. (in Russian)

8 Bolton P., Scharfstein D.S. Optimal Debt Structure and the Number of Creditors // Journal of Political Economy. 1996. Vol. 104. P. 126–138. (in Russian)

9 Alekseev G.V., Egozhina E.V., Borovkov M.I., Egorova G.N. Application segment analysis for the development strategy educational institution. Proceedings of the VSUET. 2015; (3):224–227. (In Russ.) <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2015-3-224-227>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина П. Богомолова д.э.н., профессор, зав. кафедрой, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, uopioe@yandex.ru

Ирина Н. Василенко к.э.н., доцент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Олег М. Омельченко к.э.н., доцент, кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 07.05.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 28.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina P. Bogomolova Dr. Sci. (Econ.), professor, management, production organization and branch economy department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, uopioe@yandex.ru

Irina N. Vasilenko Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management, production organization and branch economy department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Oleg M. Omelchenko Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management, production organization and branch economy department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

All authors equally participated in writing the manuscript and responsible for the plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 5.7.2018

ACCEPTED 5.28.2018

Многоуровневая структура обеспечения бюджетной безопасности государства

Юрий А. Саликов 1 saural@rambler.ru
Любовь Н. Чайковская 1 Lubovdmitr@yandex.ru
Ольга М. Пасынкова 1 पासол-30@mail.ru

1 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Финансовая основа устойчивого социально-экономического развития государства во многом определяется состоянием его бюджетной системы, что актуализирует исследования в области бюджетной безопасности государства. Определенный интерес, по нашему мнению, вызывает рассмотрение бюджетной безопасности страны как системы. Основываясь на устройстве бюджетной системы РФ, авторами предложена многоуровневая структура обеспечения бюджетной безопасности государства. Система бюджетной безопасности государства включает три уровня: макроуровень, мезоуровень и микроуровень. На каждом уровне система бюджетной безопасности формируется следующими основными подсистемами: нормативно-правовое обеспечение и регулирование бюджетной безопасности; субъект управления бюджетной безопасностью; объект управления бюджетной безопасностью; оценка состояния и результатов обеспечения бюджетной безопасности. Система бюджетной безопасности является открытой и осуществляет постоянное взаимодействие с внешней средой. На трансформацию параметров системы бюджетной безопасности оказывают влияние экзогенные и эндогенные факторы, формирующие угрозы бюджетной безопасности государства. Внешнеэкономическая и внешнеполитическая конъюнктура порождает экзогенные факторы. Данные факторы формируют угрозы направленные на подрыв финансовой системы государства и ее устойчивости. Различные сферы жизни общества государства порождают эндогенные факторы, представляющие собой проблемы внутреннего характера. Таким образом, в сложившихся условиях хозяйствования следует признать важность формирования эффективных механизмов обеспечения бюджетной безопасности государства, что позволит укрепить финансовую основу устойчивого социально-экономического развития государства и повысить бюджетную обеспеченность его граждан.

Ключевые слова: бюджетная безопасность, система бюджетной безопасности

Multilevel structure of state budgetary security provision

Yurii A. Salikov 1 saural@rambler.ru
Lubov' N. Chaikovskaya 1 Lubovdmitr@yandex.ru
Olga M. Pasynkova 1 पासол-30@mail.ru

1 Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The financial basis for sustainable social and economic development of the state is largely determined by the state of its budgetary system, which actualizes research in the area of state budgetary security. Of particular interest, in our opinion, is the consideration of the budgetary security of the country as a system. Based on the structure of the budgetary system of the Russian Federation, we proposed a multilevel structure for ensuring budgetary security of the state. The system of budgetary security of the state includes three levels: macrolevel, meso level and microlevel. At each level, the system of budgetary security is formed by the following major subsystems: regulatory and legal support and regulation of budgetary security; the subject of budgetary security management; object of budgetary security management; Assessment of the state and results of budget security. The system of budgetary security is open and carries out constant interaction with the external environment. The transformation of the parameters of the budgetary security system is influenced by exogenous and endogenous factors that form threats to the budget security of the state. Foreign economic and foreign policy conjures up exogenous factors. These factors form threats aimed at undermining the state's financial system and its sustainability. Different spheres of life of the society of the state generate endogenous factors, which are internal problems. Thus, in the current conditions of management, it is important to recognize the importance of creating effective mechanisms for ensuring budgetary security of the state, which will strengthen the financial basis for sustainable social and economic development and improve the budget provision of citizens.

Keywords: budgetary security, budgetary security system

В современных экономических реалиях, стабильное функционирование государства и его субъектов во многом зависит от эффективного обеспечения экономической безопасности. В системе экономической безопасности государства важной составляющей является бюджетная безопасность, поскольку финансовая основа устойчивого социально-экономического развития государства во многом определяется состоянием его бюджетной системы. В связи с этим актуальным является изучение структуры обеспечения бюджетной безопасности государства.

Для цитирования

Саликов Ю.А., Чайковская Л.Н., Пасынкова О.М. Многоуровневая структура обеспечения бюджетной безопасности государства // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 382–387. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-382-387

Место бюджетной безопасности в системе обеспечения безопасности государства отражено на рисунке 1. Декомпозиция бюджетной безопасности государства, показывает, что основной бюджетной безопасности выступает финансовая безопасность, которая заключается в создании условий устойчивого, надежного функционирования финансовой системы страны, успешного преодоления внутренних и внешних угроз в финансовой сфере [1].

Для уточнения экономической сущности категории бюджетная безопасность, авторами

For citation

Salikov Y.A., Chaikovskaya L.N., Pasynkova O.M. Multilevel structure of state budgetary security provision. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 382–387. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-382-387

было проведено терминологическое исследование, по результатам которого были выявлены следующие подходы к определению «бюджетная

безопасность»: управленческий, системный, балансовый, комплексный, оценочный и условный.



Рисунок 1. Декомпозиция бюджетной безопасности государства
Figure 1. Decomposition of state budget security

Определенный интерес, по нашему мнению, вызывает рассмотрение бюджетной безопасности страны как системы. Основываясь на устройстве бюджетной системы РФ, авторами предложена структура многоуровневой бюджетной безопасности (рисунок 2).

В соответствии со ст. 10 БК РФ бюджетная система РФ – это основанная на экономических отношениях и государственном устрой-

стве РФ, регулируемая законодательством РФ совокупность федерального бюджета, бюджетов субъектов РФ, местных бюджетов и бюджетов государственных внебюджетных фондов [2]. Таким образом, бюджетная система РФ имеет трехуровневую структуру. В соответствии с этим система обеспечения бюджетной безопасности страны так же включает три уровня: макроуровень, мезоуровень и микроуровень.

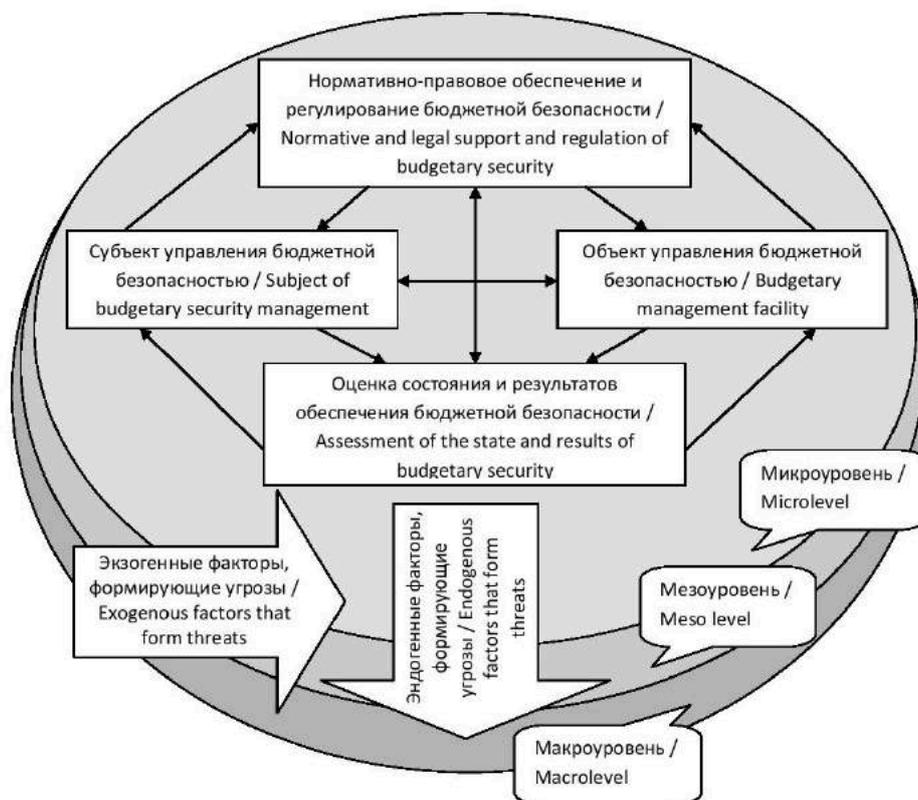


Рисунок 2. Многоуровневая структура системы бюджетной безопасности государства
Figure 2. Multilevel structure of the state budgetary security system

На каждом уровне система бюджетной безопасности формируется следующими основными подсистемами:

- нормативно-правовое обеспечение и регулирование бюджетной безопасности;
- субъект управления бюджетной безопасностью;
- объект управления бюджетной безопасностью;
- оценка состояния и результатов обеспечения бюджетной безопасности.

Необходимо отметить, что уровни и подсистемы бюджетной безопасности взаимодействуют друг с другом, основываясь на принципе обратной связи. Посредством этого достигается динамическое взаимодействие всех элементов в системе бюджетной безопасности.

Охарактеризуем выделенные подсистемы бюджетной безопасности на каждом уровне. По результатам проведенного мониторинга нормативно-правовых документов, размещенных на официальном сайте Министерства Финансов РФ [3], выделено следующее содержание

подсистемы нормативно-правового обеспечения и регулирования бюджетной безопасности государств, представленное в таблице 1.

В подсистему субъекта управления бюджетной безопасностью по выделенным уровням включаются:

— на макроуровне: руководители и федеральные органы государственной власти Российской Федерации, занимающиеся вопросами составления, рассмотрения, утверждения, исполнения, учета и анализа, контроля за федеральным бюджетом;

— на мезоуровне: руководители и органы государственной власти субъектов Российской Федерации, занимающиеся вопросами составления, рассмотрения, утверждения, исполнения, учета и анализа, контроля за бюджетами субъектов РФ;

— на микроуровне: руководители и органы местного самоуправления, занимающиеся вопросами составления, рассмотрения, утверждения, исполнения, учета и анализа, контроля за местными бюджетами.

Таблица 1.

Нормативно-правовое обеспечение и регулирование бюджетной безопасности государства

Table 1.

Normative and legal support and regulation of state budget security

Макроуровень / Macro level	Мезоуровень / Meso level	Микроуровень / Microlevel
Конституция РФ; Бюджетный кодекс РФ; Налоговый кодекс РФ (части первая и вторая); Федеральные конституционные законы: ФЗ «О бюджетной классификации Российской Федерации», ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации», ФЗ «О финансовых основах местного самоуправления в Российской Федерации», ежегодные федеральные законы о федеральном бюджете; подзаконные нормативные правовые акты по бюджетно-правовым вопросам принятые федеральными органами исполнительной власти РФ. The Constitution of the Russian Federation; Budget Code of the Russian Federation; The Tax Code of the Russian Federation (parts one and two); Federal constitutional laws: the Federal Law "On the Budget Classification of the Russian Federation", the Federal Law "On General Principles of the Organization of Local Self-Government in the Russian Federation", the Federal Law "On the Financial Basis of Local Self-Government in the Russian Federation", the annual federal laws on the federal budget; subordinate normative legal acts on budget-legal issues adopted by the federal executive authorities of the Russian Federation.	Законы субъектов РФ о региональных бюджетах и территориальных внебюджетных фондов, законы о бюджетном устройстве и бюджетном процессе на территории субъектов РФ; подзаконные нормативные правовые акты по бюджетно-правовым вопросам принятые органами исполнительной власти субъектов РФ. The laws of the subjects of the Russian Federation on regional budgets and territorial extra-budgetary funds, laws on the budget structure and budgetary process in the territories of the subjects of the Russian Federation; subordinate normative legal acts on budget-legal issues adopted by the executive authorities of the subjects of the Russian Federation.	Нормативно – правовые акты органов местного самоуправления: решение о местном бюджете соответствующего муниципального образования, о местных налогах и др., устав муниципального образования определяет порядок разработки, рассмотрения, исполнения местного бюджета, предусматривает формы отчетности об исполнении бюджета; подзаконные нормативные правовые акты по бюджетно-правовым вопросам принятые исполнительными органами местного самоуправления. Normative and legal acts of local self-government bodies: a decision on the local budget of the relevant municipal formation, local taxes, etc., the charter of the municipal formation determines the procedure for the development, review, implementation of the local budget, and provides forms for reporting on budget execution; subordinate normative legal acts on budget-legal issues adopted by the executive bodies of local self-government

Основными задачами руководителей и органов государственной власти, входящих в подсистему субъекта управления бюджетной безопасностью являются [4–6]:

— обеспечить устойчивость экономического развития страны;

— обеспечить устойчивость финансовой системы государства с поддержанием основных финансово-экономических показателей на заданном уровне (избежание дефицитов бюджетов всех уровней, полное покрытие обязательств государства как внешних так и внутренних, уровень собираемости налоговых и неналоговых доходов, с учетом оптимальной налоговой нагрузки и др.)

— нейтрализовать воздействие мировых финансовых кризисов и преднамеренных действий мировых факторов (государств, транснациональных корпораций, субгосударственных группировок и др.), теневых структур на национальную экономическую и социально-политическую систему;

— предотвращать крупномасштабную утечку капитала из страны, ограничивать перелив капитала из реального сектора экономики;

— предотвращать конфликты на всех уровнях власти государства связанные с распределением и использованием бюджетных ресурсов страны;

— проводить профилактику по предотвращению преступлений и административных правонарушений в сфере государственных финансов.

В подсистему объекта управления бюджетной безопасностью на каждом уровне включаются:

— безопасность в сфере поступления доходов бюджета;

— безопасность в сфере осуществления расходов бюджета;

— поддержание на безопасном уровне дефицита бюджета и долга;

— безопасный уровень налоговой нагрузки;

— безопасный уровень собираемости налоговых платежей и т. п.

Бюджеты и налоги в соответствии с выделенными уровнями бюджетной безопасности разграничиваются следующим образом:

— макроуровень включает объекты бюджетной безопасности относящиеся к федеральному бюджету и федеральным налогам и сборам;

— мезоуровень включает объекты бюджетной безопасности относящиеся к региональным бюджетам (в частности бюджетам республик, областей, краев, автономных областей, а также бюджетам городов федерального назначения) и региональным налогам и сборам;

— микроуровень включает объекты бюджетной безопасности, относящиеся к бюджетам муниципальных образований (в частности бюджетам муниципальных районов, бюджетам городских округов, бюджетам внутригородских и муниципальных образований городов Федерального значения, бюджетам городских и сельских поселений) и местным налогам и сборам.

Подсистема оценки состояния и результатов обеспечения бюджетной безопасности государства представляет собой эффективную систему комплексного мониторинга основных индикаторов финансово-экономических процессов в стране. Методическая сложность заключается в разработке точных критериев и уровней пороговых значений показателей бюджетной безопасности.

Система бюджетной безопасности является открытой и осуществляет постоянное взаимодействие с внешней средой, следовательно, состояние бюджетной безопасности можно охарактеризовать как состояние динамического и не всегда устойчивого равновесия. На трансформацию параметров системы бюджетной безопасности оказывают влияние экзогенные и эндогенные факторы, формирующие угрозы бюджетной безопасности государства.

Внешнеэкономическая и внешнеполитическая конъюнктура порождает экзогенные факторы. Данные факторы, формируют угрозы направленные на подрыв финансовой системы государства и ее устойчивости.

К наиболее значимым экзогенным факторам, формирующим угрозы бюджетной безопасности государства, относятся:

— изменение конъюнктуры мировых цен на энергоносители. Сырьевая направленность экономики РФ, обуславливает болезненное реагирование бюджетной системы на снижение мировых цен на энергоносители;

— изменение конъюнктуры на мировом финансовом рынке. Например, покупательная способность жителей государства значительно снижается вследствие изменения валютного курса рубля по отношению к иностранным валютам;

— санкции Запада, направленные против России. Политические и экономические ограничения связи стран с РФ приводят к ограничению рынка сбыта продукции отечественных производителей. Так же следствием действия санкций является снижение инвестиционной привлекательности РФ.

Различные сферы жизни общества государства порождают эндогенные факторы, представляющие собой проблемы внутреннего характера.

Основными эндогенными факторами, формирующими угрозы бюджетной безопасности государства, являются [5–7]:

— неоптимальное распределение налоговых льгот, вследствие чего у налогоплательщиков фиксируется низкая платёжная дисциплина;

— централизация государственных финансов, вследствие чего происходит снижение мотивации по наращиванию доходного потенциала на уровне субъектов и муниципалитетов;

— значительный разброс регионов государства по доходному потенциалу;

ЛИТЕРАТУРА

1 Бобошко Н.М. Налогово-бюджетная безопасность в системе экономической безопасности страны // *Инновационное развитие экономики*. 2014. № 2 (19). С. 74–78.

2 Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 № 145-ФЗ. М.: СПС «Гарант», 1998.

3 Официальный сайт Министерства Финансов РФ. URL: <https://www.minfin.ru>

4 Гайдук В.В. Бюджетная безопасность как фактор эффективной национальной экономики // *Региональная экономика и управление*. 2015. № 2–1 (05). С. 46–49.

5 Галухин А.В. Бюджетная безопасность государства как условие для экономического роста // *Проблемы развития территории*. 2016. № 4 (84). С. 89–108.

6 Исакова А.Р. Угрозы бюджетной безопасности Российской Федерации // *Проблемы современной экономики* (Новосибирск). 2016. № 35. С. 14–18.

7 Дуванова Ю.Н., Чайковская Л.Н. Угрозы экономической безопасности предприятий Воронежской области // *Стратегические задачи макроэкономического регулирования и пространственного развития*. Сборник научных трудов. Материалы II международной научно-практической конференции научных и научно-педагогических работников общего и профессионального образования. 2017. С. 68–74.

8 Hormati A. et al. The Effect of Budgetary Participation on Budgetary Slack Using Budgetary Ethical Compliance // *International Journal of Economics & Business Administration* (IJEBA). 2017. № 2. P. 83-99.

9 Chen D. F. et al. The Relationships among Budgetary Slack, Customers' Relationship Quality and Organizational Performance // *Advanced Applied Informatics (IAI-AAI)*, 2016 5th IAI International Congress on. IEEE. 2016. P. 1157-1161.

10 Bostan I. Juridical tools of Governmental nature used to mitigate various difficulties of the Financial and Budgetary System // *Annals of the Alexandru Ioan Cuza University-Economics*. 2014. V. 61. № 2. P. 133-148.

11 Boldrin M., De Nardi M., Jones L. E. Fertility and social security // *Journal of Demographic Economics*. 2015. V. 81. № 3. P. 261-299.

12 Stiglitz J. E., Rosengard J. K. Economics of the Public Sector // *Fourth International Student Edition*. WW Norton & Company, 2015.

REFERENCES

1 Boboshko N.M. Fiscal security in the system of economic security of the country. *Innovatsionnoe razvitiye ekonomiki* [Innovative development of the economy] 2014. no. 2 (19). pp. 74–78. (in Russian)

— нецелевое и неэффективное расходование бюджетных средств, рост дефицитности и долговой нагрузки регионов, низкое качество бюджетного планирования и прогнозирования.

В сложившихся условиях хозяйствования следует признать острую необходимость и высокую важность формирования эффективных механизмов обеспечения бюджетной безопасности [8–12], что укрепит финансовую основу устойчивого социально-экономического развития государства и повышения бюджетной обеспеченности его граждан.

2 Byudzhethnyj kodeks Rossijskoj Federacii ot 31.07.1998 № 145 FZ [Budget Code of the Russian Federation" of July 31, 1998 No. 145-FZ] Moscow, SPS "Garant", 1998. (in Russian)

3 Ofitsialnyi sait Ministerstva Finansov RF [Official site of the Ministry of Finance of the Russian Federation] Available at: <https://www.minfin.ru> (in Russian)

4 Gaiduk V.V. Budgetary security as a factor of an effective national economy. *Regionalnaia ekonomika i upravlenie* [Regional economy and management] 2015. no. 2–1 (05). pp. 46–49. (in Russian)

5 Galukhin A.V. Budgetary security of the state as a condition for economic growth. *Problemy razvitiia territorii* [Problems of territory development] 2016. no. 4 (84). pp. 89–108. (in Russian)

6 Iskakova AR. Threats to budgetary security of the Russian Federation. *Problemy sovremennoi ekonomiki Novosibirsk* [Problems of modern economy (Novosibirsk)] 2016. no. 35. pp. 14–18. (in Russian)

7 Duvanova Yu. N., Tchikovskaya L.N. Threats to economic security of enterprises in the Voronezh Region Strategicheskie zadachi makroekonomicheskogo regulirovaniia i prostranstvennogo razvitiia Sbornik nauchnykh trudov Materialy II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii nauchnykh i nauchno-pedagogicheskikh rabotnikov obshchego i professionalnogo obrazovaniia [Strategic objectives of macroeconomic regulation and spatial development. Collection of scientific papers. Materials of the II International Scientific and Practical Conference of Scientific and Scientific Pedagogical Workers of General and Professional Education] 2017. pp. 68–74. (in Russian)

8 Hormati A. et al. The Effect of Budgetary Participation on Budgetary Slack Using Budgetary Ethical Compliance. *International Journal of Economics & Business Administration* (IJEBA). 2017. no. 2. pp. 83-99.

9 Chen D. F. et al. The Relationships among Budgetary Slack, Customers' Relationship Quality and Organizational Performance. *Advanced Applied Informatics (IAI-AAI)*, 2016 5th IAI International Congress on. IEEE. 2016. pp. 1157-1161.

10 Bostan I. Juridical tools of Governmental nature used to mitigate various difficulties of the Financial and Budgetary System. *Annals of the Alexandru Ioan Cuza University-Economics*. 2014. vol. 61. no. 2. pp. 133-148.

11 Boldrin M., De Nardi M., Jones L. E. Fertility and social security. *Journal of Demographic Economics*. 2015. vol. 81. no. 3. P. 261-299.

12 Stiglitz J. E., Rosengard J. K. Economics of the Public Sector. *Fourth International Student Edition*. WW Norton & Company, 2015.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Юрий А. Саликов д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, saural@rambler.ru

Любовь Н. Чайковская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Lubovdmitr@yandex.ru

Ольга М. Пасынкова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский Государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, pasol-30@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Yurii A. Salikov Dr. Sci. (Econ.), professor, department of Economic Security and Financial Monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, saural@rambler.ru

Lubov' N. Chaikovskaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of Economic Security and Financial Monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, Lubovdmitr@yandex.ru

Olga M. Pasyukova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of Economic Security and Financial Monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, pasol-30@mail.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.17.2018

ACCEPTED 4.18.2018

Агломерационный эффект в развитии экономической безопасности

Татьяна И. Овчинникова ¹	mih.goz@gmail.com
Юрий А. Саликов ¹	saural@rambler.ru
Виктория В. Григорьева ¹	vickierus@mail.ru
Юлия Н. Дуванова ¹	dyvanova@mail.ru
Любовь Н. Чайковская ¹	Lubovdmitr@yandex.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Систематизирован научный взгляд на закономерности влияния территориального развития, а также на экономическую безопасность функционирования региональных промышленных предприятий. К проблемам эффекта территорий авторы относят недостаточную конкурентоспособность и устойчивость в развитии предприятий, не учитывающих влияние общих (закон адекватности производственных отношений уровню и характеру развития производительных сил, закон конкуренции и др.) и специальных (закон географического деления и интеграции труда, закон территориальной дифференциации и интеграции и др.) законов в развитии производства. Доказательно рассмотрены метод расчёта прогнозного значения инвестирования на уровне региона в высокотехнологичное конкурентное предприятие, метод определения связанности экономического пространства региона в результате объединения хозяйственных связей между отдельными территориями. В рамках концепции влияния специальных законов изучен эффект исторических (традиционных) преимуществ народнохозяйственного комплекса Воронежской области в целях повышения эффективности инвестиций в инновации, оптимизации деятельности государственных и частных структур, развития общественных институтов, где учитывается эффективное проявление законов территориальной дифференциации, конкуренции, территориальной пропорциональности. На примере предприятий молочной отрасли в русле предлагаемых авторами принципов (сокращение доли низкоинновационных предприятий, коммуникативная насыщенность, модульность промышленного производства и др.) обоснован учет агломерационного эффекта в экономически безопасном (прежде всего, конкурентоспособном, устойчивом, безрисковом) развитии предприятий.

Ключевые слова: экономическая безопасность, рациональная организация территории, агломерационный эффект, принципы развития предприятий

Agglomeration effect in the development of economic security

Tat'yana I. Ovchinnikova ¹	mih.goz@gmail.com
Yurii A. Salikov ¹	saural@rambler.ru
Viktoriya V. Grigor'eva ¹	vickierus@mail.ru
Yuliya N. Duvanova ¹	dyvanova@mail.ru
Lubov' N. Chaikovskaya ¹	Lubovdmitr@yandex.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. A systematic look at patterns of influence territorial development at the economic security of enterprises functioning in the region. The authors consider the problems of territorial effect as insufficient competitiveness and stability in the development of enterprises that do not take into account the influence of General (the law of adequacy of production relative to the level and nature of the development of productive forces, the law of competition and others) and special (the law of geographical division and integration of labor, the law of territorial differentiation and integration and other) laws in the development of production. The method of calculating the predicted value of investment at the regional level in a high-tech competitive enterprise, the method of determining the connectivity of the economic space of the region as a result of combining economic ties between individual territories are considered. In the concept of the influence of special laws, the effect of historical (traditional) advantages of the national economic complex of the Voronezh region in order to improve the efficiency of investment in innovation, optimization of public and private structures, the development of public institutions takes into account the effective manifestation of the laws of territorial differentiation, competition, territorial proportionality. On the example of dairy industry enterprises in line with the principles proposed by the authors (reduction of the share of low-innovation enterprises, communicative saturation, modularity of industrial production and others), the account of agglomeration effect in economically safe (competitive, sustainable, risk-free) development of enterprises is justified.

Keywords: economic security, rational organization of the territory, agglomeration effect, principles of enterprise development

Введение

Проблема эффекта территорий (агломераций), влияющих на развитие предприятий и их экономическую безопасность, исследована в работах многих отечественных специалистов: К.В. Астахова, И.П. Данилова, С.Ю. Михайлова, В.В. Никитина, Е.В. Каранина, В.В. Загарских и других [1–3]. Задачи государственного

регулирования экономики России, учитывающие особенности развития территорий, рассмотрены в работах Л.И. Абалкина, Е.Н. Ведута, В.И. Кушлина и С.Г. Капканщикова, Д.С. Львова, Ю.И. Трещевского, Т.Д. Ромашенко [4–10]. Методы и инструменты прогнозирования и формирования стратегии обеспечения экономической безопасности исследованы в трудах

Для цитирования

Овчинникова Т.И., Саликов Ю.А., Григорьева В.В., Дуванова Ю.Н., Чайковская Л.Н. Агломерационный эффект в развитии экономической безопасности // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 388–397. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-388-397

For citation

Ovchinnikova T.I., Salikov Yu.A., Grigorieva V.V., Duvanova Yu.N., Chaikovskaya L.N. Agglomeration effect in the development of economic security. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 388–397. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-388-397

А.И. Хорева, Т.И. Овчинниковой, Ю.А. Саликова, А.И. Хорева, С.С. Морковиной и Ю.М. Соколинской [11–13] и др.

Общие и специальные экономические законы, присущие тем или иным региональным образованиям и комплексам, рассматривались с учетом эволюции регионов и развития предприятий в них Н.Т. Агафоновым, Н.Я. Калюжной, Т.И. Овчинниковой, В.Ю. Падалкиным, И.Н. Булгаковой, В.П. Соколовым и другими учёными [14–17]. Ими была раскрыта система общих закономерностей формирования локальных территориально-производственных комплексов. Эффект учета территориального фактора в формировании и функционировании перерабатывающих предприятий АПК исследован М.В. Удальцовой [18], которая рассматривая законы концентрации, планомерного развития предприятий, формирования корпораций, роста потребностей населения, учёта экономии времени в функционировании организации, обосновывает в одних случаях субъективный характер (учёт экономии времени), в других – базовые процессы планирования и концентрации. Об эффекте монополизации (или олигополизации) с учётом территориального фактора пишет Н. Калюжная [15], отмечая, что в регионах отдельные предприятия, ориентированные на постоянно растущую прибыль, объединяют вокруг себя и приспособливают деятельность других фирм в ограниченном пространстве региона. Получается, что именно территория региона придаёт конкуренции специфические формы (сближение предприятий в регионе, т. е. кластеры); в результате создаётся олигополистическая ситуация с территориальным эффектом.

Зарубежные авторы (А. Вебер, У. Айзард, М. Фуджита и Ж. – Ф. Тисс, Д. Старретт, Н. Калдор, А. Маршалл, К. Матсияма, Р. Холл, С. Джонс, Э. Милль и др.) также исследовали эффект влияния территориальных агломераций на развитие предприятий. Учет эффекта территорий предложили М. Фуджита и Ж.-Ф. Тисс, которые доказали, что в пределах регионов возможен рост количества прибыльных предприятий, не связанных с добычей, а функционирующих в области переработки природных ресурсов [19]. Результативность этих предприятий достигается благодаря территориальному эффекту. Сущность территориального эффекта раскрыл Д. Старретт, который рассматривал закон конкуренции предприятий с учетом территории, где они расположены и где создается возможность кластеризации вокруг этих предприятий.

Территориальный эффект, влияющий на экономически безопасное развитие предприятий (именно на тех, которые объединяют вокруг себя другие организации), достигается также за счет привлечения высокоспециализированных специалистов. Рассматривая этот аспект, А. Маршалл и К. Матсияма утверждают, что эффект территорий связан с подготовкой и развитием традиционной высокоспециализированной рабочей силы. Именно потребности предприятий, объединяющих вокруг себя другие фирмы, нацелены на достижение конкурентных предпочтений в результате развития инновационных идей и человеческого капитала. Эффект «снежного кома», о котором писал К. Матсияма [20], создаётся следующим образом: экономический рост предприятия предполагает развитие возможностей специализации, конкуренции, привлечения компетентных специалистов за счет внедрения инноваций. Однако при этом остаются нерешенными такие проблемы экономической безопасности региона, как слабая конкурентоспособность предприятий региона, обусловленная недостаточностью инновационного развития, неустойчивость финансового развития, банкротство отдельных организаций.

Результаты и обсуждение

Регион как компактная пространственная группировка поселений, объединённых в одно целое производственными, трудовыми, информационными, коммуникационными и другими связями, функционирует с учётом действия объективных социально-экономических законов, которые подразделяются на общие и специальные. И общие, и специальные законы прямо или косвенно влияют на экономически безопасное развитие хозяйственных структур, под которым понимаем конкурентоспособную, устойчивую и безрисковую деятельность предприятий и регионов, повышающих качество жизни населения.

Общие социально-экономические законы (таблица 1) учитываются при выявлении соответствия развития производственных отношений в регионе уровню и характеру развития производительных сил, при определении специализации, пропорциональности, конкуренции хозяйствующих структур, которые, в свою очередь, обоснованы развитием инноваций и могут служить методологической основой для формулирования системы принципов влияния экономических законов и эффекта территорий на экономическую безопасность предприятий региона.

Таблица 1.

Общие и специальные законы и принципы развития региона, влияющие на экономически безопасную деятельность хозяйствующих структур

Table 1.

General and special laws and principles of regional development affecting the economically safe activities of economic structures

Общие законы General laws	Специальные законы Special laws
Закон адекватности производственных отношений уровню и характеру развития производительных сил The law of adequacy of production relations to the level and nature of development of productive forces	Закон географического деления и интеграции труда The law of geographical division and integration of labor
Закон специализации The law of specialization	Закон региональной конкурентоспособности The law of regional competitiveness
Закон конкуренции The law of competition	Закон территориальной концентрации The law of territorial concentration
Закон неравномерности экономического развития The law of uneven economic development	Закон территориальной дифференциации и территориальной интеграции The law of territorial differentiation and territorial integration
Закон роста производительности труда The law of labour productivity growth	Закон территориальной комплексности и закон территориальной пропорциональности The law of territorial complexity and the law of territorial proportionality
Закон пропорциональности The law of proportionality	

Общие законы социально-экономического развития выступают инструментом, отражающим единство региональных и организационных факторов развития, которые ориентированы на природу рыночного механизма и позволяют устойчиво функционировать предприятиям любых масштабов и форм собственности, рационально используя ресурсы (в том числе, финансовые). В отсутствие указанного единства не растёт интенсификационная составляющая производительности труда, товары и предприятия не могут конкурировать друг с другом, чаще наблюдается невозврат кредитов и т. д.

С точки зрения единства целей (государства и предприятий) и избегания «конфликтов интересов участников» учёными рассматриваются в комплексе инструменты и механизмы взаимодействия, с одной стороны, и с другой – самостоятельность компетенций бизнеса по следующим признакам: разрешение административных барьеров (при решении вопросов выделения финансовых средств предприятиям), которые исследованы в работе [21], диффузии отраслевого хозяйства региона, определяемые наличием или отсутствием концентрации, диверсификации, интеграции, дезинтеграции. В данном исследовании рассматривается метод

расчёта прогнозного значения инвестирования на уровне региона в высокотехнологичное конкурентное предприятие (АО «Концерн «Созвездие»); при этом показатель прогнозной величины регионального софинансирования задаётся рекуррентной формулой модели Брауна [22]:

$$S_t = S_{t-1} + a \cdot (x_t - S_{t-1}) \quad (1)$$

где S_{t-1} рассматривается как прогнозное значение (время t); $(x_t - S_{t-1})$ – погрешность прогноза; $(x_{t+1} = S_t)$ прогнозируемое значение.

Указанный метод позволяет определять механизм отбора данных по экспоненциальному закону, благодаря которому рассматривается прогнозная оценка, учитывающая тенденции развития (определяется параметром a , причём чем ближе a к 1, тем меньше прогнозная оценка отличается от последнего наблюдения). В таблице 2 представлен прогнозируемый объём региональных инвестиций для выпуска инновационной продукции ОАО «Концерн «Созвездие». Региональные инвестиции, выделяемые на развитие инновационных проектов АО «Концерн «Созвездие», обосновывают состояние его конкуренции на международном уровне.

Таблица 2.

Прогнозное значение объёма региональных инвестиций на I квартал 2015 г. ($a = 0,95$) [21]

Table 2.

Forecast value of regional investments for the first quarter of 2015 ($a = 0.95$) [21]

Фонд инновационного развития 2010 г., млн р. Innovative development Fund 2010, mln r.		Прогнозное значение инвестиций Predictive value of investments		
		2012 г.	2015 г.	2020 г.
Регион Region	277,3	291,2	317,1	332,9
ОАО «Концерн «Созвездие» JSC "Concern "Sozvezdie"	17,8	40,5	84,2	98,9

Об устойчивости системы РФ и региона могут свидетельствовать подходы и, выявленные на их основе показатели. Так, показатель синергии предлагаем рассчитать по формуле [23]:

$$S = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n K_i}, \quad (2)$$

где S – обобщенный показатель внутриэкономической деятельности исследуемого субъекта (значение интегрального показателя синергии);

$$K_i = e^{-|\bar{x}_i|^{m_i}}, \quad 0 \leq K_i \leq 1 \quad (3)$$

$$K_i = \frac{2x_i - (x_i^{макс} + x_i^{мин})}{x_i^{макс} - x_i^{мин}}, \quad (4)$$

$K_i = -1$ при $x_i = x_i^{мин}$, $K_i = 1$ при $x_i = x_i^{макс}$, m_i – положительная константа $0 < m_i \leq M < \infty$, представляющая собой веса частных факторов; x_i – значение частных показателей внутриэкономической деятельности.

Синергетический показатель обосновывает интеграцию регионального хозяйства в национальную экономику, т. е. связанность экономического пространства региона в результате «переплетения, объединения хозяйственных связей между отдельными территориями» (таблица 3). Показатели концентрации, конвергенции, отраслевой однородности, характеризующие общие законы единства региона и предприятий и подробно обоснованные в исследовании Ю.М. Соколинской [24], приведены в таблице 4.

Специальные законы функционирования предприятий в территориальных агломерациях

учитывают эффект исторических (традиционных) преимуществ народнохозяйственного комплекса областей, при этом система задач развития экономической безопасности предприятий и региона должна сопрягаться с функционированием специальных законов.

Так, при планировании социально-экономического развития области, ее бюджетной политики, для повышения эффективности инвестиций в инновации, оптимизации деятельности государственных и частных структур, развития общественных институтов следует учитывать эффективное проявление законов территориальной дифференциации, конкуренции, территориальной пропорциональности.

Предпосылкой экономически безопасного развития промышленности региона являются устойчивые связи её базовых предприятий с вузами и НИИ, ориентированными на выполнение заказов на научно-исследовательские разработки. В актуализированной стратегии Воронежской области предполагается высокий образовательный и креативный потенциал, для развития которого сохраняется показатель «численность студентов на 10000 жителей», который позволяет занимать 3 место в ЦФО и 8 место в РФ (в 2009/2010 уч. г. – 612 чел.), показатель «численность аспирантов и докторантов» (аспирантов в 2009/10 уч. г. – 2599 чел., докторантов в 2009/10 уч. г. – 62 чел.) позволяет занимать – соответственно 2 и 13 места в РФ. Такое же высокое место область занимает (4 место) по количеству выданных патентов на изобретения (в 2009 году – 547).

Таблица 3.

Показатели синергии РФ и Воронежской области [24]

Table 3.

Indicators of synergy between Russia and Voronezh region [24]

Год Year	Значение показателя «синергия» по РФ Value "synergy" RF	Значение показателя «синергия» по Воронежской области Value "synergy" in the Voronezh region
2014	0,630	0,668
2015	0,637	0,662

Таблица 4.

Показатели оценки экономической безопасности страны и региона [24]

Table 4.

Indicators of economic security of the country and the region [24]

Показатели Indicators	РФ RF	Воронежская область Voronezh region
Показатели концентрации экономического пространства (экспертная оценка по 5 бальной системе) The concentration of economic space (on expert assessment 5 point scale)	5	4
Показатели интеграции региональной экономической деятельности Indicators integration of regional economic activities	0,637	0,662
Показатель конвергенции / дивергенции Convergence / divergencerate	0,2	0,16
Показатели однородности регионального / неоднородности экономического пространства (наличие отраслей) Regional homogeneity/heterogeneity of economic space (availability of industries)	13	10

Помимо образовательной системы, существуют и иные условия для развития промышленности региона. Для проявления специфических законов экономического развития рыночного хозяйства, в промышленности региона важную роль играет наличие объективных предпосылок формирования и развития региональных и межрегиональных кластеров, реализующих конкурентные преимущества территории и позволяющих фокусировать специальные условия (развитие сельского хозяйства, перерабатывающей промышленности) на перспективные точки экономического роста.

При рассмотрении законов локализации, специализации, конкурентоспособности предприятий региона, выделим фактор инновационности как базовый, способствующий экономически безопасному развитию региона (таблица 5).

Остановимся на исследовании эффекта территорий и влияния специальных законов на экономически безопасное развитие предприятий перерабатывающих отраслей Воронежской области.

Закон территориальной дифференциации учитывает благоприятные природные условия для развития сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, чему свидетельством служит относительно высокая доля Воронежской

области в производстве и переработке отдельных видов сельскохозяйственной продукции в России. К примеру, структура земельного фонда региона характеризуется высоким удельным весом земель сельскохозяйственного назначения (более 80%), по посевным площадям всех сельскохозяйственных культур (в 2009 году – 2443,7 тыс. га) область занимает 1 место в ЦФО, по производству сельскохозяйственной продукции (2009 год – 75261 млн рублей) область занимает 7 место в России, по производству молока – 13 место и 6-е место по производству цельномолочной продукции. Наличие территориальной сырьевой базы является особо значимой характеристикой для предприятий пищевой промышленности, поскольку относительно низкие транспортные расходы, спрос на рабочую силу, используемую в сельских поселениях, и служит ее традиционным преимуществом.

С учетом закона конкурентоспособности развивается малое предпринимательство: по числу малых предприятий (2009 год – 18,7 тыс.) область занимает 3 место в ЦФО и 23 место – в России; по численности занятых на малых предприятиях (2009 год – 139,8 тыс. чел.) – 3 место в ЦФО и 22 – в России; по обороту малых предприятий (2009 год – 152,8 млрд рублей) – 3 место в ЦФО и 21 – в России.

Таблица 5.

Индикаторы актуализированной Стратегии социально-экономического развития Воронежской области (фрагмент)

Table 5.

Indicators of the updated Strategy of socio-economic development of the Voronezh region (fragment)

no.	Наименование индикатора Name of the indicator	Годы Years			Стратегические направления Strategic directions
		2005	2010	2020	
1	2	3	4	5	6
1	Соотношение среднедушевых доходов к прожиточному минимуму, % Ratio of average per capita income to the subsistence minimum, %	257	-	350	Рост уровня и повышение качества жизни The increasing level and improving the quality of life
2	Коэффициент фондов, раз Fundsratio, times	13,8	-	10,0	
3	ВРП в текущих ценах, млн рублей GRP in current prices, million rubles	133587	365788	1058785	Модернизация (структурная, техническая, организационная) регионального индустриально-аграрного производственного комплекса Modernization (structural, technical, organizational) of the regional industrial and agricultural production complex
4	Объем отгруженных товаров собственного производства, выполненных работ и услуг собственными силами в промышленном производстве, млн рублей The volume of shipped goods of own production, works and services performed on its own in industrial production, million rubles	94013	192730	600000	
5	Продукция сельского хозяйства в хозяйствах всех категорий, в фактических ценах, млн рублей Agricultural products in farms of all categories, in actual prices, million rubles	31669,0	-	150000	
6	Производительность труда в сельском хозяйстве, млн рублей на человека Labor productivity in agriculture, million rubles per person	0,4	-	2,4	

Продолжение табл. 5/ Continuation of Table. 5

1	2	3	4	5	6
7	Доля продукции, произведенной малыми предприятиями, в общем объеме валового регионального продукта, % Share of production produced by small enterprises in total gross regional product, %	-	19,8	21,8	Формирование научно-образовательного и инновационно-технологического центра Formation of the research, education and innovation and technology center
8	Число используемых передовых производственных технологий Number of advanced production technologies used	1805	-	3500	
9	Выдано патентов: Patents granted:				
	на изобретения for the invention	449	-	1641	
	на полезные модели for utility model	70	-	282	
12	Объем инвестиций в основной капитал, млн рублей The volume of investments in fixed capital, million rubles	28652	122963	500000	Формирование финансово-управленческого центра Formation of financial and management center
13	Объем иностранных инвестиций, млн долларов США Volume of foreign investments, million US dollars	53,3	279,6	400	
14	Доля прямых иностранных инвестиций в общем объеме иностранных инвестиций, % Share of foreign direct investment in total foreign investment, %	10,3	11,0	12,0	
15	Объем кредитов нефинансовым предприятиям и организациям, млн рублей The volume of loans to non-financial enterprises and organizations, million rubles	-	1347160	500000	

Источник: Стратегия социально-экономического развития Воронежской области на период до 2020 года (актуализированный вариант). – Воронеж. – 2012.

Относительно высокий уровень развития предпринимательства является свидетельством, во-первых, способности адаптации предприятий региона к динамично меняющимся требованиям рынка, во-вторых, существенным потенциалом абсорбции незанятой рабочей силы. Объединяясь, предприятия формируют прибыльность в границах интеграции. Эта сторона общего закона адекватности производственных отношений уровню и характеру развития производительных сил и специфических законов региональной конкурентоспособности, территориальной дифференциации и интеграции, территориальной комплексности учитывается в деятельности ОАО «Молочный комбинат «Воронежский», включающий территориально 12 сельскохозяйственных предприятий, ядром которых является перерабатывающий молочный комбинат.

Данную особенность эффекта территориальных объединений исследовали Р.Холл и С.Джонс [25, 26], которые выделяли закон изменения уровня производительности труда на душу населения в зависимости расположения головного предприятия и его дочерних фирм. Эффект достигается благодаря факторам производства (труд и капитал), для которых также существует закон концентрации (при приближении к головному предприятию эффективная деятельность возрастает). На ОАО «Молочный

комбинат «Воронежский» выделено 7 зон территориальной концентрации сельскохозяйственного производства крупного рогатого скота, а переработка молока производится на комбинате в Воронеже.

Эффект производства в результате действия закона усиления диверсификации и специализации производства достигается за счет развития процессов специализации (существуют фермы по производству крупного рогатого скота, предприятия логистики, организации по переработке молока, производству сухого молока). Таким образом, происходит диверсификация производства (на ОАО производят помимо молока, творог, творожки, сыры, сметану и т. д.); существующие торговые фирмы реализуют конечную продукцию на региональном рынке (комбинат имеет свои торговые точки в г. Воронеже и в Воронежской области), а также на федеральном рынке (г. Москва, г. Калуга и т. д.). Наблюдается как центробежное движение (из центра поступает продукция в региональные торговые точки), так и центростремительное движение (из дочерних предприятий поступает сырье для переработки на комбинате). При этом учитывается, что количество специализированных предприятий (торговли, производства) растет ближе к центру (комбинату).

Закон роста региональной конкурентоспособности перерабатывающих сельскохозяйственных предприятий как объединений олигополистического характера свидетельствует, что конкурентов в регионе немного (индекс конкурентоспособности равен 3, при оптимальном показателе 3+).

Предприятия, которые используют экономические предпочтения, внедряют инновации, повышая уровень конкурентоспособности своей продукции в регионе немного. В молочной отрасли – это АО «Молочный комбинат «Воронежский», остальные предприятия находятся не в областном центре, а на периферии, где ими не может быть использован эффект «ядра» или «центра», откуда эти организации могли бы эффективно взаимодействовать с конкурентами.

При приближении к центру обеспечивается эффект трудонасыщенности, а при отдалении от центра – фондонасыщенности. Рассмотрим эти эффекты. Специалисты и компетентные работники стремятся получить работу скорее в городе, чем в сельской местности. В областном центре рынок рабочей силы высококонкурентен, в низкоурбанизированных территориях создается дефицит рынка труда. Из-за перемещения населения к областному центру (в результате поиска лучших условий труда и более высокой заработной платы), на крупных предприятиях снижается их трудонасыщенность, а фондонасыщенность увеличивается. И, наоборот, на малых предприятиях, удаленных от центра, увеличивается трудонасыщенность и снижается фондонасыщенность, из-за дефицита и сложной логистической доступности ресурсов «растут модульность и дробление предприятий». В близких к г. Воронежу районах растёт по территориальному признаку число предприятий (пос. Сомово, Новая Усмань), но при этом сокращаются предприятия на периферии. На ОАО «Молочный комбинат «Воронежский» основные фонды растут (на 0,9%), число работников незначительно сокращается (на 2 человека каждый год), а в дочерних предприятиях наоборот.

Наряду с законами и в соответствии с ними функционируют принципы влияния экономических законов и эффекта территорий на экономическую безопасность предприятий региона. Система таких приоритетных принципов включает:

1. Принцип убывающей экономической эффективности производства от центра к периферии региона. Этот принцип связан с законами концентрации и конкурентоспособности. Территориальный эффект проявляется именно в границах региона, действуют центробежные силы (от центра к периферии). Чем дальше от

центра, тем менее эффективно функционируют предприятия, наивысшие показатели экономической эффективности составляют предприятия в г. Воронеже (рентабельность АО «МК «Воронежский растёт на 0,9%, а на периферийных молочных предприятиях этот показатель снижается);

2. Принцип роста диверсифицированных предприятий. Этот принцип связан с центральным положением в регионе. Большинство предприятий, находящихся в г. Воронеже имеют относительно высокие показатели рентабельности. Однако исключение составляют те предприятия, которые не ведут инновационную деятельность. К ним относим перерабатывающие предприятия, являющиеся неконкурентоспособными;

3. Принцип роста модульности промышленного производства при приближении к центру региона. Предприятия региона имеют малые, средние и крупные формы, при этом приоритет развития малых и средних (модульных) производств достигается за счет приближения к г. Воронежу;

4. Принцип роста отраслевого разнообразия при приближении к центру региона. Действие этого принципа связано с законом разделения труда. Большое число различных видов экономической деятельности активизировано в центре региона, где возможна взаимозаменяемость и взаимодополняемость отдельных специальностей. Наивысшие значения показателей отраслевого разнообразия наблюдаются в г. Воронеже;

5. Принцип роста коммуникативности при приближении к центру региона. Коммуникативность означает насыщенность контактами и коммуникациями. Коммуникации в деятельности предприятий необходимы для обмена информацией, они связаны с развитием информационной системы. Увеличение контактов и информационных связей развиваются ближе к центру региона. К примеру, наибольшая коммуникативность в Воронежской области наблюдалась в транспортных центрах (например, г. Лиски);

6. Принцип сокращения доли низкоинновационных предприятий. В современных условиях происходит постоянное сокращение трудоемких предприятий, ориентированных на неэффективное использование ресурсов. Предприятия, в которых развиваются инновационные технологии, конкурентоспособны. Однако претерпевают сокращение некоторые низкоинновационные организации, поскольку для их развития требуются дополнительные инвестиции. В условиях секторальных санкций процесс развития инноваций необходимо, на наш взгляд, целенаправленно перенести в технопарки, научные лаборатории, где создаются новые технологии.

Заключение

На основании анализа принципов развития предприятий и оказывающего на них эффекта территорий определим ключевые тенденции развития предприятий в регионе:

1. Сбалансированное, конкурентное и комплексно-пропорциональное развитие предприятий в регионе может обеспечиваться в условиях рынка (свободного ценообразования, эффективного менеджмента, объективной информации) взаимосвязанностью системы государственного и регионального стимулирования и функционирования предприятий. Особенно эти условия должны реализовываться в условиях экономических санкций со стороны европейских стран. Функционирование комплексной системы (производство, переработка, своевременная реализация) невозможно без обеспечения пропорциональности отношений между отдельными её элементами. Планирование развития предприятий с учётом благоприятных природных, климатических условий, основанное на вышеназванных закономерностях, призвано обеспечить наиболее рациональный вариант развития территории, использование положительных её свойств в условиях рынка и ограниченного государственной помощи;

ЛИТЕРАТУРА

1 Астахов К.В. Об угрозах экономической безопасности России в условиях ее интеграции в мировое глобальное хозяйство // Социально-экономические явления и процессы. 2012. № 1.

2 Данилов И.П., Михайлова С.Ю., Никитин В.В. Проблемы целесообразности функционирования взаимообусловленной системы «конкурентоспособность – безопасность» // Вестник Чувашского университета. 2011. № 2.

3 Каранина Е.В., Загарских В.В. Экономическая безопасность государства, региона и предприятия: формирование и обеспечение с учетом факторов рисков. Киров: ВятГУ, 2015. 387 с.

4 Абалкин Л. Роль государства в становлении и регулировании рыночной экономики // Вопросы экономики. 1997. № 6. С. 4.

5 Абалкин Л. Экономическая безопасность России. Угрозы и их отражение // Вопросы экономики. 1994.

6 Ведута Е.Н. Стратегия и экономическая политика государства. М.: ИНФРА-М, 2016.

7 Кушлин И., Капканщиков С.Г. Государственное регулирование экономики: учебное пособие. М.: КНОРУС, 2016. 518 с.

8 Львов Д.С. Проблемы долгосрочного социально-экономического развития России // Экономическая наука современной России. 2003. №1(11). С. 46–49.

9 Трещевский Ю.И. Государственное регулирование экономики в период формирования рыночных отношений. Воронеж: изд-во Воронеж, гос. ун-та, 1998. 208 с.

10 Ромащенко Т.Д. Экономическая безопасность национального хозяйства: Теория, методология, формирование в России. Воронеж: Изд-во Воронеж, гос. ун-та., 2003. 216 с.

2. Эффект территории (рациональная организация территории) и использование экономических законов позволяют разработать меры, ориентированные на экономически безопасное развитие предприятий. Этому способствует наиболее полное использование положительных эффектов (свойств) территории: наличие ВУЗов в Воронежской области, готовящих высококвалифицированные кадры, развитие технологий, рациональная организация территории, наиболее сбалансированное развитие имеющихся ресурсов, развитие модульных высокоинновационных предприятий, государственная поддержка их развития и др.;

3. Рациональное использование и развитие преимуществ специализации и концентрации предприятий, учитывающих эффект территорий приводит к взаимодействию и компактному расположению предприятий производственной и социальной инфраструктуры. Реализация указанных тенденций развития предприятий в Воронежской области направлена на решение актуальной задачи обеспечения экономической безопасности региона: высокой конкурентоспособности предприятий и их продукции, устойчивому и безрисковому их развитию, повышению качества жизни населения.

11 Овчинникова Т.И., Хорев А.И. Экономическая безопасность на основе организационной защиты предприятий // Финансы. Экономика. Стратегия. 2012. № 9. С. 10–12

12 Саликов Ю.А. Факторы экономической безопасности в стратегическом развитии региона // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2016. № 6(14). С. 111–117.

13 Хорев А.И., Морковина С.С., Соколинская Ю.М. // Вестник ВГУИТ. 2015. № 1(63). С. 223–229.

14 Агафонов Н.Т. Территориально-производственное комплексобразование в условиях развитого социализма. Л.: "Наука", 1983. 187 с.

15 Калюжнова Н.Я. Конкурентоспособность российских регионов в условиях глобализации. М.: ТЕИС, 2004. 526 с.

16 Овчинникова Т.И., Падалкин В.Ю., Булгакова И.Н. Исследование влияния основных факторов деятельности предприятия с использованием многофакторной теории полезности // Вестник центра исследований региональной экономики. 2006. №15. С. 80.

17 Соколов В.П. Экономический механизм безопасности продовольственного комплекса на основе управленческих решений. Воронеж: ВГТА, 2008. 360 с.

18 Удальцова М.В. Городская агломерация как социально-экономическая система. Томск: Изд-во Томского университета, 1985. 200 с.

19 Fujita M., Thisse J.-F. Economics of agglomeration: cities, industrial location and regional growth. Cambridge: Cambridge University Press, 2004, 466 p.

20 Pontes J.P. Agglomerations in a vertically-related oligopoly // Portuguese economic journal. 2005. №4. P. 157–169.

21 Овчинникова Т.И., Журавлев Ю.В., Серяков А.В. Методы оценки и определение перспектив инновационной деятельности высокотехнологических комплексов. Воронеж: ВГУИТ. С. 15–18.

22 Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов. М.: Финансы и статистика, 2003. 417 с.

23 Булгакова И.Н., Морозов А.Н. Использование «функции желательности» для формализации комплексного показателя конкурентоспособности промышленного предприятия // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2009. № 2. С. 54–56.

24 Соколинская Ю.М. Государственное регулирование как инструмент повышения экономической безопасности регионов // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. (№ 2). С. 397–404.

25 Panne G. Agglomeration externalities // Marshall versus "Journal of evolutionary economics. 2004. V. 14. P. 593–604.

26 Tveteras R., Battese G. Agglomeration externalities, productivity and technical inefficiency // Journal of Regional Science. 2006. V. 46. № 4. P. 605–6215.

REFERENCES

1 Astakhov K.V. On the threats to Russia's economic security in the context of its integration into the global economy. *Sotsialno-ekonomicheskie iavleniia i protsessy* [Socio-economic phenomena and processes.] 2012. no. 1. (in Russian)

2 Danilov I.P., Mikhaylova S.Yu., Nikitin V.V. Problems of expediency of functioning of the interdependent system "competitiveness - security". *Vestnik Chuvashskogo universiteta* [Bulletin of the Chuvash University] 2011. no. 2. (in Russian)

3 Karanina E.V., Zagarskikh V.V. Ekonomicheskaya bezopasnost gosudarstva regiona i predpriatiia formirovanie i obespechenie s uchetom faktorov riskov [Economic security of the state, region and enterprise: the formation and provision taking into account the risk factors]. Kirov: VyatGU, 2015. 387 p. (in Russian)

4 Abalkin L. The Role of the State in the Formation and Regulation of a Market Economy. *Voprosy ekonomiki* [Issues of Economics]. 1997. no. 6. pp. 4. (in Russian)

5 Abalkin L. Economic Security of Russia. Threats and their reflection. *Voprosy ekonomiki* [Issues of economics] 1994. (in Russian)

6 Vedota E.N. Strategiiia i ekonomicheskaya politika gosudarstva [The strategy and economic policy of the state] Moscow, INFRA-M, 2016. (in Russian)

7 Kushlin I., Kapkashnikov S.G. Gosudarstvennoe regulirovanie ekonomiki uchebnoe posobie [State regulation of the economy: a manual] Moscow, Knorus, 2016. 518 p. (in Russian)

8 Lvov D.S. Problems of Long-Term Social and Economic Development of Russia. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii* [Economic Science of Modern Russia] 2003. no. 1 (11). pp. 46-49. (in Russian)

9 Treshevsky Yu.I. Gosudarstvennoe regulirovanie ekonomiki v period formirovaniia rynochnykh otnoshenii [State regulation of the economy in the period of formation of market relations] Voronezh, VGU, 1998. 208 p. (in Russian)

10 Romashchenko T.D. Ekonomicheskaya bezopasnost natsionalnogo khoziaistva Teoriia metodologiiia formirovanie v Rossii [Economic security of the national economy: Theory, methodology, formation in Russia] Voronezh, VGU, 2003. 216 p. (in Russian)

11 Ovchinnikova T.I., Khorev A.I. Economic security on the basis of organizational protection of enterprises. *Finansy Ekonomika Strategiiia* [Finance. Economy. Strategy] 2012. no. 9. pp. 10-12 (in Russian)

12 Salikov Yu.A. Factors of economic security in the strategic development of the region. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvaiushchei promyshlennosti APK produkty zdorovogo pitaniia* [Technologies of food and processing industry of the agroindustrial complex - products of healthy nutrition] 2016. no. 6 (14). pp. 111-117. (in Russian)

13 Khorev A.I., Morkovina S.S., Sokolinskaya Yu.M. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET] 2015. no. 1 (63). pp. 223-229. (in Russian)

14 Agafonov N.T. Territorial production complex formation in conditions of developed socialism. L.: "Science", 1983. 187 p. (in Russian)

15 Kalyuzhnova N.Ya. Konkurentosposobnost rossiiskikh regionov v usloviakh globalizatsii [Competitiveness of Russian regions in the context of globalization] Moscow, TEIS, 2004. 526 p. (in Russian)

16 Ovchinnikova T.I., Padalkin V.Yu., Bulgakova I.N. Investigation of the influence of the main factors of enterprise activity using the multi-factor theory of utility. *Vestnik tsentra issledovaniia regionalnoi ekonomiki* [Bulletin of the Center for Regional Economic Research] 2006. no. 15. pp. 80. (in Russian)

17 Sokolov V.P. Ekonomicheskii mekhanizm bezopasnosti prodovolstvennogo kompleksa na osnove upravlencheskikh reshenii [Economic mechanism of food complex security based on management decisions] Voronezh, VGTA, 2008. 360 p. (in Russian)

18 Udaltsova M.V. Gorodskaya aglomeratsiia kak sotsialno-ekonomicheskaya sistema [City agglomeration as a socio-economic system] Tomsk, Publishing house of Tomsk University, 1985. 200 p. (in Russian)

19 Fujita M., Thisse J.-F. Economics of agglomeration: cities, industrial location and regional growth. Cambridge: Cambridge University Press, 2004, 466 p.

20 Pontes J.P. Agglomerations in a vertically-related oligopoly. *Portuguese economic journal*. 2005. no. 4. pp. 157–169.

21 Ovchinnikova T.I., Zhuravlev Yu.V., Seryakov A.V. Metody otsenki i opredelenie perspektiv innovatsionnoi deiatel'nosti vysokotekhnologichnykh kompleksov [Methods for assessing and determining the prospects for innovative activities of high-tech complexes] Voronezh, VGUIT. [p. 15-18. (in Russian)

22 Lukashin Yu.P. Adaptivnye metody kratkosrochnogo prognozirovaniia vremennykh riadov [Adaptive methods of short-term forecasting of time series] Moscow, Finance and Statistics, 2003. 417 pp. (in Russian)

23 Bulgakova I.N., Morozov A.N. Use of the "desirability function" to formalize the complex index of the competitiveness of an industrial enterprise, *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceeding Voronezh State University. Series: Economics and Management] 2009. no. 2. pp. 54-56. (in Russian)

24 Sokolinskaya Yu.M. State regulation as a tool to improve the economic security of regions. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET] 2017. no. 79 (2). pp. 397-404. (in Russian)

25 Panne G. Agglomeration externalities. Marshall versus "Journal of evolutionary economics. 2004. vol. 14. pp. 593–604.

26 Tveteras R., Battese G. Agglomeration externalities, productivity and technical inefficiency. *Journal of Regional Science*. 2006. vol. 46. no. 4. pp. 605–6215.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна И. Овчинникова д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Юрий А. Саликов д.э.н., профессор, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, saural@gambler.ru

Виктория В. Григорьева к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, vickierus@mail.ru

Юлия Н. Дуванова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский Государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, dyvanova@mail.ru

Любовь Н. Чайковская к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский Государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Lubovdmitr@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной мере принимали участие в написании статьи

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 04.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 15.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tatiana I. Ovchinnikova Dr. Sci. (Econ.), professor, department of Economic Security and Financial Monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Yurii A. Salikov Dr. Sci. (Econ.), professor, department of Economic Security and Financial Monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, saural@rambler.ru

Viktoriya V. Grigor'eva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of Economic Security and Financial Monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vickierus@mail.ru

Yuliya N. Duvanova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of Economic Security and Financial Monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dyvanova@mail.ru

Lubov' N. Chaikovskaya Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of Economic Security and Financial Monitoring, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, Lubovdmitr@yandex.ru

CONTRIBUTION

All the authors equally participated in the writing of the article

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.4.2018

ACCEPTED 5.15.2018

Результативность использования продуктивных земель в сельском хозяйстве Воронежской области

Павел В. Демидов¹ 79204170254@yandex.ru

Андрей В. Улезько¹ arle187@rambler.ru

¹ Воронежский государственный аграрный университет, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Реферат. В статье исследуется структура аграрного сектора Воронежской области и изменения размера землепользования хозяйств различной категории по результатам Всероссийских сельскохозяйственных переписей 2006 и 2016 гг. Выявлены существенные расхождения данных Росреестра и данных, полученных по результатам Всероссийских сельскохозяйственных переписей, по размеру и структуре сельскохозяйственных угодий, относящихся к землям сельскохозяйственного назначения. Отмечается проблема ограниченности информации о распределении и использовании земель сельскохозяйственного назначения и ее достоверности. Исследуется, дифференциация районов Воронежской области по размеру посевных площадей и по их вкладу в производство отдельных видов продукции растениеводства, динамика производства основных видов продукции растениеводства в регионе, изменение структуры производства отдельных видов продукции по категориям хозяйств. Делается вывод о том, что принципиальные изменения отраслевой структуры, сопровождающиеся выведением из севооборотов кормовых культур, в том числе однолетних и многолетних трав, привели к нарушению научно обоснованной системы земледелия и существенно ограничили возможности его биологизации. Оценивается динамика урожайности основных сельскохозяйственных культур Воронежской области, изменения которой были обеспечены комплексным воздействием широкого ряда факторов, в том числе ростом качества семенного материала, увеличением доз внесения минеральных удобрений, использования новых средств защиты растений, освоения новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур, оптимизацией сроков проведения основных технологических операций. Изучается изменение объемов прямых инвестиций в основной капитал сельского хозяйства. Формулируются тенденции, выявленные в ходе исследования результативности использования продуктивных земель, вовлеченных в процесс аграрного производства.

Ключевые слова: продуктивные земли, сельскохозяйственные угодья, сельское хозяйство, аграрный сектор, Воронежская область

The effectiveness of the use of productive land in agriculture of the Voronezh region

Pavel V. Demidov¹ 79204170254@yandex.ru

Andrey V. Ulezko¹ arle187@rambler.ru

¹ Voronezh state agrarian University, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia

Summary. The article examines the structure of the agricultural sector of the Voronezh region and changes in the size of land use of farms of different categories based on the results of the all-Russian agricultural censuses of 2006 and 2016. The significant differences between the data of the Federal registration service and the data obtained from the all-Russian agricultural censuses, in size and structure of agricultural lands related to agricultural lands are Revealed. The problem of limited information on the distribution and use of agricultural land and its reliability is noted. The differentiation of the Voronezh region districts by the size of the acreage and their contribution to the production of certain types of crop production, the dynamics of production of the main types of crop production in the region, the change in the structure of production of certain types of products by categories of farms. It is concluded that the fundamental changes in the sectoral structure, accompanied by the removal of crop rotations of forage crops, including annual and perennial grasses, led to a violation of the science-based system of agriculture and significantly limited the possibility of its biologization. Estimated evolution of yields of basic agricultural crops in the Voronezh region, changes which were provided with a comprehensive exposure to a wide range of factors, including the growth of seed quality, increasing doses of mineral fertilizers, the use of new plant protection products, development of new technologies of cultivation of agricultural crops, optimization of the timing of major manufacturing operations. Changes in the volume of direct investment in fixed capital of agriculture are studied. The trends identified in the study of the effectiveness of the use of productive land involved in the process of agricultural production are formulated.

Keywords: productive land, agricultural land, agriculture, agricultural sector, Voronezh region

Введение

Организация стратегического управления земельными ресурсами предполагает наличие необходимого объема информации об их количестве, качестве и результативности использования. Долгосрочный характер мероприятий, разрабатываемых в рамках системы стратегического управления, предъявляет особые требования к достоверности информации и ее релевантности, поскольку искажение исходной информации на стадии принятия стратегических управленческих решений может повлечь нарастание

масштаба ошибки в силу возникновения мультипликативного эффекта. Основными источниками информации о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения являются данные, формируемые Росреестром и Росстатом, которые, зачастую, противоречат друг другу. Цель данного исследования заключается в выявлении тенденций, отражающих изменение размера и структуры землепользования хозяйствующих субъектов аграрного сектора Воронежской области и результативности использования сельскохозяйственных угодий.

Для цитирования

Демидов В.П., Улезько А.В. Результативность использования продуктивных земель в сельском хозяйстве Воронежской области // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 398–406. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-398-406

For citation

Demidov V.P., Ulezko A.V. The effectiveness of the use of productive land in agriculture of the Voronezh region. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 398–406. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-398-406

Результаты и обсуждение

По результатам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. на территории Воронежской области на 1 июля 2016 г. было зарегистрировано 789 сельскохозяйственных организаций (из них 252 организации, не относящиеся

к субъектам малого предпринимательства), 2 511 крестьянских (фермерских) хозяйств, 147 индивидуальных предпринимателей, осуществляющих сельскохозяйственную деятельность, 470,7 тыс. личных подсобных хозяйств (таблица 1).

Таблица 1.

Количество хозяйствующих субъектов аграрной сферы Воронежской области по данным Всероссийских сельскохозяйственных переписей 2006 и 2016 гг. [3, 4]

Table 1.

The number of economic entities of the agrarian sphere of the Voronezh region according to the all-Russian agricultural censuses of 2006 and 2016 [3, 4]

Показатели Indicators	2006 г.	2016 г.	2016/2006 г., %
Сельскохозяйственные организации Agriculture organization	1 580	789	49,9
Крестьянские (фермерские) хозяйства Peasant (farm) economy	3 790	2 511	66,3
Индивидуальные предприниматели Individual entrepreneur	394	147	37,3
Личные подсобные хозяйства, тыс. Personal subsidiary farms, ths.	489,8	470,4	96,0

За межпереписной период количество сельскохозяйственных организаций сократилось более чем в 2 раза, крестьянских (фермерских) хозяйств – более чем в 1,5, индивидуальных предпринимателей – почти в 2,7 раза, количество личных подсобных хозяйств – на 19,4 тыс.

Существенные изменения в межпереписной период произошли и в размере их

землепользования (таблица 2). За период с 2006 г. по 2016 г.общая земельная площадь хозяйств всех категорий Воронежской области сократилась на 21,9% (с 4,2 млн га до 3,7 млн га), тогда как площадь сельскохозяйственных угодий – всего на 5,5%. За счет сокращения площади залежных земель произошло увеличение площади пашни (на 29,7 тыс. га).

Таблица 2.

Размер землепользования хозяйствующих субъектов Воронежской области по данным Всероссийских сельскохозяйственных переписей [2, 3]

Table 2.

The size of land use of economic entities of the Voronezh region according to the all-Russian agricultural censuses [2, 3]

Показатели Indicator	2006 г.	2016 г.	2016/2006 г., %
Хозяйства всех категорий Farms of all categories			
Общая земельная площадь Total land area	4 166,1	3 671,2	88,1
вт. ч. сельскохозяйственные угодья including agricultural land	3 744,6	3 536,8	94,5
пашня arable	2 914,6	2 944,3	101,0
сенокосы hay fields	143,2	108,2	75,6
пастбища pastures	534,7	419,1	78,4
многолетние насаждения perennial plantings	29,5	23,2	78,6
залежь deposit	122,6	42,0	34,3
Сельскохозяйственные организации Agriculture organization			
Общая земельная площадь Total land area	3 292,6	2 623,3	79,7
вт. ч. сельскохозяйственные угодья including agricultural land	2 910,5	2 527,4	86,8
пашня arable	2 216,8	2 074,5	93,6
сенокосы hay fields	123,7	78,1	63,1
пастбища pastures	498,6	349,7	70,1
многолетние насаждения perennial plantings	21,0	14,6	69,5
залежь deposit	50,4	10,5	20,8

Продолжение табл. 2/ Continuation of Table. 2

Крестьянские (фермерские) хозяйства и индивидуальные предприниматели Peasant (farmer) farms and individual entrepreneurs			
Общая земельная площадь Total land area	642,8	846,8	131,7
вт. ч. сельскохозяйственные угодья including agricultural land	633,4	843,5	133,2
пашня arable	560,0	747,1	133,4
сенокосы hay fields	11,1	23,6	212,6
пастбища pastures	31,4	68,2	217,2
многолетние насаждения perennial plantings	1,3	0,4	30,8
залежь deposit	29,8	4,2	14,1
Хозяйства населения Households			
Общая земельная площадь Total land area	230,7	201,1	87,2
вт. ч. сельскохозяйственные угодья including agricultural land	200,6	165,9	82,7
пашня arable	137,9	122,8	89,1
сенокосы hay fields	8,3	6,5	78,3
пастбища pastures	4,8	1,2	25,0
многолетние насаждения perennial plantings	7,2	8,1	112,5
залежь deposit	42,4	27,3	64,4

Площадь сельскохозяйственных угодий, находящихся в пользовании сельскохозяйственных организаций, в межпереписной период уменьшилась на 23,2% (на 383,1 тыс. га), в том числе пашни – на 142,3 тыс. га. Сокращение землепользования сельскохозяйственных организаций в значительной мере было компенсировано за счет увеличения площади сельскохозяйственных угодий крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей (с 633,4 тыс. га в 2006 г. до 843,5 тыс. га в 2016 г. или на 33,2%). Сохраняется, наметившаяся с начала двухтысячных годов, тенденция снижения земельной площади хозяйств населения. За исследуемый период она уменьшилась на 29,6 тыс. га.

В результате перераспределения земельных угодий между категориями хозяйств к 2016 г. доля сельскохозяйственных организаций в общей площади сельскохозяйственных угодий Воронежской области составила 71,5%. Доминирующее положение сельскохозяйственный

организации занимают по доле в площади пашни и естественных кормовых угодий.

Необходимо отметить, что 65,0% залежей Воронежской области приходится на хозяйства населения. Площадь залежей в хозяйствах населения в 2016 г. составляла 16,5% от общей площади сельскохозяйственных угодий хозяйств населения региона.

Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. вновь подняли вопрос необходимости согласования данных о наличии и использовании сельскохозяйственных угодий. В Государственном (национальном) докладе о состоянии и использовании земель в Российской Федерации и Докладе о состоянии и использовании земель в Воронежской области, приводится информация о том, что на 1 января 2016 г. площадь сельскохозяйственных угодий, относящихся к землям сельскохозяйственного назначения составляла 3 809,1 тыс. га, тогда как по итогам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. (на 1 июля) всего 3 536,8 тыс. га (таблица 3).

Таблица 3.

Размер землепользования хозяйствующих субъектов Воронежской области по данным Росреестра и Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г. [2, 3]

Table 3.

The size of land use of economic entities of the Voronezh region according to the Federal registration service and the all-Russian agricultural census in 2016 [2, 3]

Виды земельных угодий Types of land	По данным Росреестра* According to Rosreestr*	По результатам Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г.** According to the results of the all-Russian agricultural census in 2016**
Сельскохозяйственные угодья Agricultural land	3 809,1	3 536,8
пашня arable	2 904,6	2 944,3
сенокосы hayfields	139,6	108,2
пастбища pastures	698,1	419,1
многолетние насаждения perennial plantings	35,3	23,2
залежь deposit	31,5	42,0

* – на 1 января; ** – на 1 июля

Разница между данными, отражающими размер сельскохозяйственных угодий, полученными из разных официальных источников, составила более 272 тыс. га. При этом площадь пашни, использование которой было задекларировано хозяйствующими субъектами аграрного сектора Воронежской области, участвовавшими во Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 г., превысила размер пашни, указанный в докладах Росреестра, а расхождения по площади естественных кормовых угодий составили около 310 тыс. га.

В такой ситуации возникает вопрос: как обеспечить достоверность информации, которая будет использоваться для принятия управленческих решений на государственном и региональном уровне? Вывод один – необходимо обеспечить сплошную постановку земель на кадастровый учет. В настоящее время по разным оценкам в различных районах Воронежской области доля сельскохозяйственных угодий, не стоящих на кадастровом учете, но используемых в теневом хозяйственном обороте, составляет от 28% до 37%. Наличие теневого хозяйственного оборота земли приводит к недополучению налогов на землю, потере государственного контроля за использованием и воспроизводством продуктивных земель, искажению представления об объективном ресурсном потенциале отдельных хозяйствующих субъектов и аграрного сектора региона в целом и другим негативным последствиям.

Необходимо также отметить, что существующая на сегодняшний день система учета земель сельскохозяйственного назначения и контроля за их использованием не обеспечивает необходимого уровня прозрачности. Так, например, в открытом доступе на начало июня 2018 г. отсутствует Доклад о состоянии и использовании земель в Воронежской области в 2016 году, формирующийся сотрудниками Росреестра. В открытом доступе нет официальной информации о наличии земельных ресурсов в разрезе отдельных хозяйствующих субъектов, сельских территорий, муниципальных районов, из открытых официальных невозможно получить сведения о концентрации земель крупными

холдингами и компаниями межрегионального и национального уровня.

Сложившаяся система статистического учета также не предусматривает предоставления информации о наличии земельных ресурсов в разрезе сельскохозяйственных угодий по категориям хозяйств и территориальным образованиям, отражая только размер посевных площадей и чистых паров.

В этой связи достоверность оценки результативности и эффективности использования продуктивных земель может вызывать определенные сомнения, но в целом она будет отражать сложившиеся в регионе тенденции.

Следует также отметить существенную дифференциацию районов по посевным площадям, общий размер которых в Воронежской области за период с 2013 по 2017 г. вырос на 2,6%. Максимальные темпы роста размера посевных площадей в исследуемом периоде отмечаются по Рамонскому (на 13,7%), Каменскому (на 13,5%), Богучарскому (на 8,9%), Новохоперскому (на 8,1%) и Аннинскому (на 7,1%) районам. В Поворинском, Репьевском и Бутурлиновском районе произошло сокращение площадей посевов сельскохозяйственных культур более чем на 3%. По размеру посевных площадей лидирующие позиции в Воронежской области занимают Россошанский, Аннинский, Кантемировский, Таловский и Калачеевский районы, у которых значение данного показателя превышает 110 тыс. га. В шести районах (Новоусманский, Рамонский, Поворинский, Ольховатский, Репьевский, Каменский) размер посевных площадей в хозяйствах всех категорий в 2017 г. был менее 60 тыс. га.

Результативность использования земельных ресурсов в системе аграрного производства определяется, в первую очередь, объемами производства продукции растениеводства.

Спад сельскохозяйственного производства, обусловленный радикальными реформами конца прошлого века, был преодолен к середине нулевых годов, что привело к резкому повышению уровня интенсивности и результативности пахотных земель (таблица 4).

Таблица 4.
Производство основных видов продукции растениеводства в хозяйствах всех категорий Воронежской области, тыс. т [1]

Table 4.
Production of the main types of crop production in farms of all categories of the Voronezh region, thousand tons [1]

Показатели Indicator	1990 г	В среднем за год в периоде:					2017 г	2017/ 1990 г., %
		1991–1995 гг.	1996–2000 гг.	2001–2005 гг.	2006–2010 гг.	2011–2015 гг.		
Зерновые / Grain	3 848,7	2 727,1	1 890,7	2 370,7	2 603,1	3 740,0	5 663,9	147,2
Сахарная свекла Sugarbeet	4 795,5	2 757,5	2 058,1	2 715,3	3 220,3	5 300,8	6 234,6	130,0
Подсолнечник Sunflower	204,0	242,4	314,9	408,7	611,1	982,5	899,1	440,8
Картофель / Potato	657,3	704,6	708,7	1 037,2	1 088,3	1 602,3	1 449,7	220,6
Овощи / Produce	214,4	194,7	184,3	202,8	311,8	454,1	534,5	249,3

В 2017 г. объемы производства зерновых и зернобобовых превысили уровень 1990 г. почти в 1,5 раза, сахарной свеклы – в 1,3, подсолнечника – в 4,4, картофеля – в 2,2, овощей – почти в 2,5 раза.

Наращивание объемов производства продукции растениеводства стало возможным в силу комплексного влияния совокупности следующих факторов: увеличением уровня государственной поддержки сельского хозяйства, повышением инвестиционной привлекательности отрасли и перетоком значительных объемов средств из финансового и промышленных секторов, развитием агропромышленной интеграции, способствовавшей проведению технико-технологической модернизацией аграрного производства, повышением инновационной активности крупных сельскохозяйственных производителей в условиях роста эффективности сельскохозяйственной деятельности и др.

Следует отметить, что трансформация структуры аграрного сектора Воронежской области сопровождалась трансформацией отраслевой структуры хозяйствующих субъектов аграрного сектора.

Сельскохозяйственные организации продолжают доминировать в производстве зерновых и зернобобовых культур, подсолнечника и сахарной свеклы, но их доля в общем объеме производства данных видов продукции устойчиво снижается. Если в 2000 г. сельскохозяйственными организациями Воронежской области производилось 92,9% зерновых и зернобобовых, 90,4% подсолнечника и 93,5% сахарной свеклы, то в 2017 г. эти показатели снизились до 73,0%, 70,6% и 88,0% соответственно. Доля сельскохозяйственных организаций Воронежской области в общем объеме производства картофеля и овощей в 2017 г. составила соответственно 2,0% и 6,2%. Довольно высокий уровень конкурентоспособности демонстрирует фермерских Воронежской области. В 2017 г. доля крестьянских (фермерских) хозяйств и индивидуальных предпринимателей в производстве зерновых и зернобобовых выросла до 26,2%, подсолнечника – до 28,6%, сахарной свеклы – до 10,7%. Объем производства картофеля крестьянскими (фермерскими)

хозяйствами в 2017 г. превысил объемы производства сельскохозяйственных организаций (30,4 против 29,0 тыс. т), такая же ситуация наблюдается и по овощам (56,0 против 33,3 тыс. т).

Неоднородность сельскохозяйственных муниципальных районов по природно-климатическим условиям ведения сельскохозяйственного производства, почвенному плодородию и участию во внутриобластной системе разделения труда обусловила существенную дифференциацию районов по их вкладу в производство отдельных видов продукции растениеводства Воронежской области. Так восемь районов области (Аннинский, Таловский, Россошанский, Калачеевский, Панинский, Богучарский, Бобровский и Нижнедевицкий) в 2017 г. произвели более трети общеобластного объема зерновых и зернобобовых, тогда как хозяйства всех категорий Ольховатского района произвели в 2017 г. всего 93,3 тыс. т зерна, а Каменского района – 72,1 тыс. т. Объем производства сахарной свеклы в 2013–2017 гг. в Воронежской области увеличился на 39,9%. В производстве сахарной свеклы ведущие позиции занимают Аннинский, Эртильский, Таловский и Панинский районы, совокупная доля которых в общерегиональном объеме в 2017 г. превысила 32%. В четырех районах области (Нижнедевицком, Богучарском, Борисоглебском и Верхнемамонском) в 2017 г. сахарная свекла не возделывалась совсем, а в Репьевском районе площадь посева сахарной свеклы составила всего 1,5 га. Одной из немногих товарных сельскохозяйственных культур, по которым в Воронежской области наблюдается сокращение объемов валового производства, является подсолнечник. Следует отметить, что сокращение объемов производства подсолнечника происходит на фоне общей тенденции роста его урожайности.

Очевидно, что интенсивность использования земель в хозяйствах различных категорий в значительной мере определяется структурой посевных площадей, а результативность – характеризуется достигнутым уровнем урожайности сельскохозяйственных культур.

Информация о размере посевных площадей и их структуре в хозяйствах всех категорий Воронежской области приведена в таблице 5.

Таблица 5.

Размер и структура посевных площадей в хозяйствах всех категорий Воронежской области [1]

Table 5.

Size and structure of acreage in farms of all categories of the Voronezh region [1]

Сельскохозяйственные культуры Crop	1990 г.	В среднем за год в периоде Average for the year in the period					2017 г.
		1991–1995	1996–2000	2001–2005	2006–2010	2011–2015	
1	2	3	4	5	6	7	8
Размер посевных площадей, тыс.га The amount of acreage, thousand ha							
Вся посевная площадь Totals own area	2 985,5	2 841,4	2 495,9	2 258,7	2 283,2	2 532,0	2 617,9
Зерновые и зернобобовые Cereals and legumes	1 518,1	1 424,0	1 235,5	1 162,6	1 236,0	1 407,5	1 486,8

Продолжение табл. 5/ Continuation of Table. 5

1	2	3	4	5	6	7	8
вт. ч. озимые including winter crops	774,3	618,9	509,6	516,6	566,8	606,0	720,9
Технические Technical	415,0	407,3	462,0	515,7	631,3	667,8	708,3
вт. ч. сахарная свекла including sugar beet	200,7	167,3	137,0	124,2	130,7	131,6	133,2
подсолнечник sunflower	213,9	234,5	316,9	385,0	476,5	460,1	436,2
соя soy	0,0	0,0	0,9	2,3	10,0	40,3	99,5
Картофель Potato	72,4	90,6	104,0	101,1	100,6	98,8	79,3
Овощи Produce	18,8	19,5	20,1	19,8	22,9	22,9	22,2
Кормовые культуры Fodder crop	931,5	871,2	671,0	458,1	291,2	332,1	348,7
Структура посевных площадей, % The structure of sown areas, %							
Вся посевная площадь Totals own area	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Зерновые и зернобобовые Cereals and legumes	50,9	50,1	49,5	51,5	54,1	55,6	56,8
вт. ч. озимые including winter crops	25,9	21,8	20,4	22,9	24,8	23,9	27,5
Технические Technical	13,9	14,3	18,5	22,8	27,6	26,4	27,1
вт. ч. сахарная свекла including sugar beet	6,7	5,9	5,5	5,5	5,7	5,2	5,1
подсолнечник sunflower	7,2	8,3	12,7	17,0	20,9	18,2	16,7
соя soy	0,0	0,0	0,0	0,1	0,4	1,6	3,8
Картофель Potato	2,4	3,2	4,2	4,5	4,4	3,9	3,0
Овощи Produce	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,9	0,8
Кормовые культуры Fodder crop	31,2	30,7	26,9	20,3	12,8	13,1	13,3

За исследуемый период посевные площади в хозяйствах всех категорий Воронежской области снизились на 367,6 тыс. га. Необходимо отметить, что пик падения размера посевных площадей на 2007 г. (2 135,3 тыс. га или 71,5% от уровня 1990 г.). Максимальный спад пришелся на долю кормовых культур (-582,8 тыс. га), площадь которых в 2017 г. составила всего 37,4% от уровня 1990 г. Сократились также площади зерновых культур (на 2,1%) и сахарной свеклы (на 33,6%). При этом площадь технических культур увеличилась более чем в 1,7 раза, а их удельный вес в структуре посевных площадей вырос с 13,9% в 1990 г., до 27,1% в 2017 г.

Резкое сокращение площадей кормовых культур произошло вследствие сокращения поголовья крупного рогатого скота, а также овец и коз, основу рационов которых составляют зеленые, сочные и грубые корма. Так, например, если в 1990 г. поголовье крупного рогатого скота в хозяйствах всех категорий Воронежской области составляло 1 398,3 тыс. гол., то в 2017 г. оно находилось на уровне всего 463,7 тыс. гол. (33,4% от уровня 1990 г.), при этом минимальный размер поголовья КРС был отмечен в 2008 г. (350,3 тыс. гол. или 25,3% от уровня 1990 г.). Поголовье коров за исследуемый период сократилось с 515,3 до 1778,5 тыс. гол. (в 2,9 раза), а овец и коз – с 1 302,0 до 235,1 тыс. гол. (в 5,5 раза).

Такие принципиальные изменения отраслевой структуры, сопровождающиеся выведением из севооборотов кормовых культур, в том числе однолетних и многолетних трав, привели

к нарушению научно обоснованной системы земледелия и существенно ограничили возможности его биологизации. Но региональные органы управления аграрным производством не сформулировали заказ агрономической науке Воронежской области по обоснованию новых подходов к обеспечению рационального использования продуктивных земель в изменившихся условиях хозяйствования.

Несмотря на нарушения требований научно обоснованной системы земледелия, сельскохозяйственные производители Воронежской области смогли обеспечить рост урожайности всех видов сельскохозяйственных культур. В 2017 г. по сравнению с 1990 г. урожайность подсолнечника выросла почти в 2,2 раза (с 9,5 до 20,6 ц/га), овощей – в 2,1 раза (с 114,0 до 241,3 ц/га), картофеля – более чем в 2 раза (с 90,8 до 182,8 ц/га), сахарной свеклы – почти в 2 раза (с 239,0 до 468,2 ц/га), а зерновых и зернобобовых – в 1,5 раза (с 25,4 до 38,1 ц/га).

Спад урожайности по всем видам культур был преодолен в начале нулевых годов (таблица 6).

Очевидно, что достаточно высокие темпы роста урожайности основных видов сельскохозяйственных культур были обеспечены комплексным воздействием широкого ряда факторов, в том числе ростом качества семенного материала, увеличения доз внесения минеральных удобрений, использования новых средств защиты растений, освоения новых технологий возделывания сельскохозяйственных культур, оптимизацией сроков проведения основных технологических операций и др [5–10].

Урожайность основных видов сельскохозяйственных культур в хозяйствах всех категорий Воронежской области, ц/га [1]

Yield of the main types of crops in farms of all categories of the Voronezh region [1]

Показатели Indicator	1990 г.	В среднем за год в периоде Average for the year in the period					2017 г.
		1991– 1995 гг.	1996– 2000 гг.	2001– 2005 гг.	2006– 2010 гг.	2011– 2015 гг.	
Зерновые Grain	25,4	19,2	15,3	20,4	21,1	26,6	38,1
Сахарная свекла Sugar beet	239,0	164,9	150,2	218,6	246,4	402,9	468,2
Подсолнечник Sunflower	9,5	10,3	9,9	10,6	12,8	21,4	20,6
Картофель Potato	90,8	77,8	68,2	102,6	108,2	162,2	182,8
Овощи Produce	114,0	99,8	91,7	102,2	136,2	198,3	241,3

Если в 1990 г. в среднем по области на 1 га посевных площадей вносилось 62,8 кг минеральных удобрений в пересчете на 100% питательных веществ, то в 2017 г. данный показатель достиг уровня 85,5 кг (рост на 36,1%). Лишь по подсолнечнику и кормовым культурам дозы внесения минеральных удобрений в 2017 г. не превысили уровень 1990 г. и составили соответственно 76,7% и 55,0% от исходных значений исследуемого периода.

Освоение новых агротехнологий стало возможным, в первую очередь, благодаря развитию отношений агропромышленной интеграции и резкому росту объемов инвестиций в основной капитал сельского хозяйства. Так, если в 2000 г. объем инвестиций в основной капитал сельского хозяйства Воронежской области составлял всего 589 млн руб. (7,1% от общего объема инвестиций в основной капитал по региону), то к 2016 г. значение данного показателя увеличилось до 32 230,2 млн руб., а доля инвестиций в основной капитал сельского хозяйства выросла до 17,7%. По удельному весу инвестиций в сельское хозяйство общем объеме инвестиций в основной капитал по региону в 2016 г. Воронежская область уступала всем регионам Центрального Черноземья. В Курской области данный показатель в 2016 г. находился на уровне 24,7%, в Тамбовской – 19,6%, в Липецкой – 19,3%, в Белгородской области – 17,9%, а в среднем по Российской Федерации он составлял всего 4,2%. Вместе с тем необходимо отметить, что по размеру прямых инвестиций в сельское хозяйство в 2016 г. Воронежская область занимала первое место в Российской Федерации. Лидировала Воронежская область в 2016 г. и в рейтинге регионов по объему инвестиций в основной капитал АПК с показателем

в 45 391,3 млн руб. Для сравнения: объем инвестиций в основной капитал АПК в 2016 г. в целом по Приволжскому федеральному округу составлял 100 827,6 млн руб., по Южному ФО – 67 897,7 млн руб., по Северо-Западному 40 605,0 млн руб., по Сибирскому ФО – 40 412,0 млн руб., по Северо-Кавказскому ФО – 28 199,6 млн руб., по Уральскому ФО – 22 970,5, по Дальневосточному ФО – 18 755,8 млн руб.,

Рост объема инвестиций в основной капитал сельского хозяйства свидетельствует о довольно высоком уровне инвестиционной привлекательности отрасли и относительно высоком уровне ее эффективности [11–13]. Согласно данным официальной статистики на протяжении последних 10 лет (с 2008 по 2017 г.) в среднем 82% сельскохозяйственных организаций Воронежской области были прибыльными. В 2017 г. их доля в общем количестве сельскохозяйственных организаций региона составила 81,4%.

Заключение

Проведенная оценка результативности использования земельных ресурсов позволила выявить тенденции, связанные со снижением уровня деградации пахотных земель и повышением интенсивности их использования на фоне падения продуктивности естественных кормовых угодий, ростом техногенной и антропогенной нагрузки, ускорением процессов концентрации сельскохозяйственных земель и увеличением среднего размера землепользования, ростом эффективности использования земель, сохранением низких темпов постановки сельскохозяйственных земель на кадастровый учет, пассивностью значительной части землепользователей по переходу к агроландшафтной системе земледелия и обеспечению экологизации хозяйственной деятельности

ЛИТЕРАТУРА

1 Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС), Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <https://www.fedstat.ru/organizations/>

2 Земельные ресурсы и их использование: Том 3. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. М.: ИИЦ «Статистика России», 2008. 312 с.

3 Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по Российской Федерации. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. Том 2: М.: ИИЦ «Статистика России», 2017. 290 с.

4 Число объектов Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. Трудовые ресурсы и их характеристика. Том 2. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. М.: ИИЦ «Статистика России», 2008. 432 с.

5 Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года по Российской Федерации по субъектам Российской Федерации. Том 2. Предварительные итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2016 года. М.: ИИЦ «Статистика России», 2017. 290 с.

6 Улезко А.В., Юшкова В.Э., Тютюников А.А. Земельные ресурсы сельского хозяйства: управление воспроизводством и экономическая оценка потенциала. Воронеж: ИПЦ "Научная книга", 2014. 176 с.

7 Хлыстун В.Н. О необходимых мерах по созданию эффективной системы регулирования земельных отношений и организации рационального использования и охраны земель в Российской Федерации // Аналитический вестник Совета Федерации ФС РФ. 2016. №24 (623). С. 33-38.

8 Число объектов Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. Трудовые ресурсы и их характеристика: Том 2. Итоги Всероссийской сельскохозяйственной переписи 2006 года. М.: ИИЦ «Статистика России», 2008. 432 с.

9 Hamidov F.R. The role of land management in organization of rational use and protection of land resources // European science review. 2017. №11-12. P. 124-127.

10 Parviz Koohafkan A. Land resources potential and sustainable land management: an overview // United Nations Sustainable Development Journal. 2000. V. 24. №2. P. 69-81.

11 Savchenko T.V., Ulez'ko A.V., Kiyashchenko L.V., Tyutyunikov A.A. Development of the family economies of the agricultural sector of Russia // International Business Management. 2015. V. 9. №6. P. 1186-1189.

12 Savchenko T.V., Ulezko A.V., Tyutyunikov A.A., Bonda D.G. On the identification of local markets boundaries and their development forecasting // International Business Management. 2015. V.9. № 7. P. 1652-1655.

13 Shnaider D. The management of land resources in context formation of united territorial community // Science and education: Collection of scientific articles. 2017. P. 37-40.

REFERENCES

1 Edinaia mezhvedomstvennaia informatsionno statisticheskaia sistema EMISS Ofitsialnyi sait Federalnoi sluzhby gosudarstvennoi statistiki [Unified interdepartmental information and statistical system (EMISS). Official website of the Federal state statistics service] Available at: <https://www.fedstat.ru/organizations/> (in Russian)

2 Zemelnye resursy i ikh ispolzovanie [Land resources and their use: Volume 3. Results of the all-Russian agricultural census of 2006] Moscow, "Statistics of Russia", 2008. 312 p. (in Russian)

3 Predvaritelnye itogi Vserossiiskoi sel'skokhoziaistvennoi perepisi 2016 goda po Rossiiskoi Federatsii [Preliminary results of the 2016 all-Russian agricultural census for the Russian Federation. The preliminary results of the all-Russian agricultural census 2016. Volume 2] Moscow: ИЦ "Statistics of Russia", 2017. 290 p. (in Russian)

4 Chislo obiektov Vserossiiskoi sel'skokhoziaistvennoi perepisi 2006 goda Trudovye resursy i ikh kharakteristika [Number of objects of the all-Russian agricultural census of 2006. Labor resources and their characteristics. Volume 2. Results of the all-Russian agricultural census of 2006] Moscow, ИЦ "Statistics of Russia", 2008. 432 p. (in Russian)

5 Predvaritelnye itogi Vserossiiskoi sel'skokhoziaistvennoi perepisi 2016 goda po Rossiiskoi Federatsii po subiektam Rossiiskoi Federatsii [Preliminary results of the all-Russian agricultural census of 2016 for the Russian Federation by subjects of the Russian Federation. Volume 2. The preliminary results of the all-Russian agricultural census 2016] Moscow, ИЦ "Statistics of Russia", 2017. 290 p. (in Russian)

6 Ulezko A.V., Yushkova V.E., Tyutyunikov A.A. Zemelnye resursy sel'skogo khoziaistva upravlenie vosproizvodstvom i ekonomicheskaya otsenka potentsiala [Land resources of agriculture: reproduction management and economic assessment of potential]. Voronezh, scientific book CPI, 2014. 176 p. (in Russian)

7 Khlystun V.N. About necessary measures for creation of effective system of regulation of the land relations and the organization of rational use and protection of lands in the Russian Federation. *Analiticheskii vestnik Soveta Federatsii FS RF* [Analytical Bulletin of the Federation Council of the FS of the Russian Federation] 2016. no. 24 (623). pp. 33-38. (in Russian)

8 Chislo obiektov Vserossiiskoi sel'skokhoziaistvennoi perepisi 2006 goda Trudovye resursy i ikh kharakteristika Tom 2 Itogi Vserossiiskoi sel'skokhoziaistvennoi perepisi 2006 goda [Number of objects of the all-Russian agricultural census of 2006. Labour resources and their characteristics: Volume 2. Results of the all-Russian agricultural census of 2006]. Moscow., ИЦ "Statistics of Russia", 2008. 432 p. (in Russian)

14 Hamidov F.R. The role of land management in organization of rational use and protection of land resources. *European science review*. 2017. no. 11-12. pp. 124-127.

9 Parviz Koohafkan A. Land resources potential and sustainable land management: an overview. *United Nations Sustainable Development Journal*. 2000. vol. 24. no. 2. pp. 69-81.

10 Savchenko T.V., Ulez'ko A.V., Kiyashchenko L.V., Tyutyunikov A.A. Development of the family economies of the agricultural sector of Russia. *International Business Management*. 2015. vol. 9. no. 6. pp. 1186-1189.

11 Savchenko T.V., Ulez'ko A.V., Tyutyunikov A.A., Bonda D.G. On the identification of local markets boundaries and their development forecasting. *International Business Management*. 2015. vol. 9. no. 7. pp. 1652-1655.

12 Shnaider D. The management of land resources in context formation of united territorial community. *Science and education: Collection of scientific articles*. 2017. pp. 37-40.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Павел В. Демидов ассистент, кафедра земельного кадастра, Воронежский государственный аграрный университет, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, 79204170254@yandex.ru

Андрей В. Улезко д.э.н., профессор, кафедра информационного обеспечения и моделирования агроэкономических систем, Воронежский государственный аграрный университет, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, arle187@rambler.ru

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Pavel V. Demidov assistant, department of land cadastre, Voronezh state agrarian University, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, 79204170254@yandex.ru

Andrey V. Ulezko Doctor Sci. (Econ.), professor, department of land cadastre, Voronezh state agrarian University, Michurina str., 1, Voronezh, 394087, Russia, arle187@rambler.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Павел В. Демидов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Андрей В. Улезко обзор литературных источников по исследуемой проблеме

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 04.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 05.04.2018

CONTRIBUTION

Pavel V. Demidov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Andrey V. Ulezko review of the literature on an investigated problem

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.4.2018

ACCEPTED 2.5.2018

Стратегические направления инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства

Роман П. Белолипов¹ rom-bp@yandex.ru
Светлана Н. Коновалова¹ ksn.2011@yandex.ru
Михаил В. Загвозкин¹ mishzag@mail.ru

¹ Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, улица Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

Реферат. В статье рассматривается важность разработки стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства с целью повышения ее эффективности. Рассмотрено понятие инновационного потенциала как комплексной характеристики способности предприятия к инновационной деятельности. Отмечено, что инновационные процессы в АПК имеют свою специфику, зависят от действия природы и природных факторов, что необходимо учитывать при разработке инновационных продуктов. В качестве методической основы предлагается использовать показатели для оценки инновационного потенциала предприятия, а также алгоритм процесса обоснования эффективности стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства. Проведен анализ и дана оценка результатов мероприятий, реализуемых в АПК Воронежской области в сфере инновационно-инвестиционного развития животноводства. На основании проведенного исследования инновационной деятельности аграрных предприятий Воронежской области авторами отмечено, что предпосылкой для формирования стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства является разработка инвестиционной стратегии, определены этапы и принципы разработки инвестиционной стратегии предприятия. Сделан вывод о том, что использование гибкого подхода к формированию инвестиционной стратегии и стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства обеспечит повышение конкурентоспособности аграрных предприятий.

Ключевые слова: инновационно-инвестиционное развитие, стратегия, инновации, агропромышленный комплекс, инновационные технологии, инвестиции, продукция животноводства

Strategic directions of innovative and investment development of production livestock product

Roman P. Belolipov¹ rom-bp@yandex.ru
Svetlana N. Konovalova¹ ksn.2011@yandex.ru
Mikhail V. Zagvozhkin¹ mishzag@mail.ru

¹ Voronezh state agricultural university N.A. Emperor Peter the Great, Michurina str, 1 Voronezh, 394087, Russia

Summary. The importance of development of the strategic directions of innovative and investment development of livestock production for the purpose of increasing its efficiency is considered. The concept of innovative potential as complex characteristic of the enterprise ability to innovative activity is considered. It is noted that innovative processes in agrarian and industrial complex are specific, depend on the action of nature and natural factors that needs to be considered while developing innovative products. As a methodical basis it is suggested to use indicators for assessment of innovative capacity of the enterprise and also an algorithm of the process of justification of the efficiency of the strategic directions of innovative and investment development of livestock production. The analysis is carried out and an assessment of the results of the actions realized in agrarian and industrial complex of the Voronezh region in the sphere of innovative and investment development of livestock production is presented. On the basis of the conducted research of innovative activity of the agrarian enterprises of the Voronezh region it is noted that a prerequisite for formation of the strategic directions of innovative and investment development of livestock production is development of investment strategy, stages and the principles of investment strategy of the enterprise development. The conclusion is drawn that the use of flexible approach to formation of investment strategy and the strategic directions of innovative and investment development of livestock production will provide the increase in competitiveness of the agrarian enterprises.

Keywords: innovation-investment development, strategy, innovation, agro-industrial complex, innovative technologies, investments, livestock products

Введение

В аграрном секторе мировой экономической системы современный период развития характеризуется развитием инноваций. Главная роль в этом процессе отведена предприятию, которое заинтересовано в развитии инновационной деятельности, предъявляет спрос на инновации

и осуществляет их внедрение. Решающим фактором обеспечения конкурентоспособности и развития предприятий АПК России становится умение формировать и эффективно использовать инновационный потенциал. Эффективное развитие аграрного сектора требует изменений в использовании ресурсной базы, внедрении

Для цитирования

Белолипов Р.П., Коновалова С.Н., Загвозкин М.В. Стратегические направления инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 407–414. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-407-414

For citation

Belolipov R.P., Konovalova S.N., Zagvozhkin M.V. Strategic directions of innovative and investment development of production livestock product. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 407–414. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-407-414

ресурсосберегающих инновационных технологий с целью обеспечения производства высококачественной и конкурентоспособной сельскохозяйственной продукции.

Инновационная деятельность в России является одним из главных направлений расширения и увеличения капитальных инвестиций, внедрения новых технологий на предприятиях на основе научно-технического прогресса, с целью повышения эффективности всех отраслей экономики [1].

В этих условиях для отрасли животноводства особенно актуальным становится вопрос разработки стратегических направлений ее инновационно-инвестиционного развития. Значение инновационной деятельности в данной отрасли обусловлено тем, что, во-первых, она способствует достижению динамического равновесия с внешней средой, а во-вторых, ее развитие связано с поиском путей выживания в условиях рынка и новых факторов успеха предприятия в конкурентной среде. Способствовать развитию отрасли животноводства и повысить ее конкурентоспособность можно при условии разработки и выполнения стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства. При разработке направлений нужно предусматривать прежде всего рост объемов производства продукции животноводства на основе увеличения численности поголовья и повышения продуктивности скота.

Результаты и обсуждение

Анализируя проблему отрасли животноводства в контексте национальной продовольственной безопасности, нельзя не обратить внимание на негативные изменения, которые произошли в функционировании отрасли животноводства в процессе так называемого реформирования агропромышленного комплекса в 90-е годы XX века: значительное сокращение поголовья сельскохозяйственных животных; существенный рост себестоимости и снижение рентабельности производства продукции животноводства. Все это во многом связано со снижением инновационного потенциала отрасли животноводства.

Инновационный потенциал является комплексной характеристикой способности предприятия к инновационной деятельности. Инновационный потенциал организации – совокупность характеристик предприятия, определяющих его способность осуществлять деятельность по созданию и практическому использованию нововведений. Инновационный

потенциал аграрной сферы можно определить, как способность сельского хозяйства достигать поставленных инновационных целей при имеющемся объеме ресурсов. Растущие потребности рынков и потребителей заставляют агропроизводителей приспосабливаться к меняющейся конъюнктуре. В выигрыше будет тот, кто быстрее других сможет отреагировать на изменения в обществе и воплотить в жизнь разработанные планы, то есть тот, кто будет эффективно использовать свой инновационный потенциал. Инновационные процессы в различных отраслях экономики, в том числе и в АПК имеют свою специфику. В частности они выделяются сложным сочетанием региональных, отраслевых, технологических и организационных особенностей. Одна из особенностей агропромышленного производства такова, что здесь наряду с производственными средствами в производственном процессе принимают животные и растения, развитие которых зависит от действия природных факторов. Поэтому их нужно обязательно учитывать в разработке инновационных продуктов [2].

В современных условиях с целью разработки эффективного механизма управления инновационным потенциалом целесообразно использовать систему показателей, которые более детально и всесторонне характеризуют состояние и уровень использования инновационного потенциала предприятия.

Так, ряд ученых предлагают использовать следующие показатели для оценки инновационного потенциала предприятия:

- научно-технический потенциал;
- показатели коммерциализации (доля новой продукции в общем объеме произведенной продукции, количество лицензионных договоров);
- продолжительность выполняемых работ (величина инновационного лага)
- характеристика инновационности управляющей системы [3–5].

При этом методика оценки инновационного потенциала предприятия должна быть практичной, гибкой, базироваться на доступном математическом аппарате и соответствовать современному развитию инновационной деятельности отечественных предприятий.

Ускоренное развитие животноводства в ближайшее время и на перспективу тесно связано с решением важнейшей государственной задачи обеспечения продовольственной независимости и безопасности страны, снижение импорта продукции отрасли. Успешной реализации этой задачи способствуют природные условия, позволяющие производить с использованием

малозатратных технологий продукцию высокого качества, а также наличие генофонда пород с высокой продуктивностью, хорошо адаптированных к условиям разведения в различных регионах страны. Именно поэтому определение стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства является крайне необходимой и первоочередной задачей, которая требует немедленного решения.

Считаем, что развитие отрасли – это очень важное стратегическое направление национальной продовольственной безопасности России. Необходима разработка новой государственной аграрной политики, которая должна определить стратегические направления, ориентиры и задачи развития агропродовольственной сферы страны с одновременной разработкой основных механизмов их реализации [6].

Стратегия развития отрасли в национальном измерении должна реализовываться на основе повышения конкурентоспособности и качества продукции, что предусматривает модернизацию кормопроизводства, ресурсной обеспеченности материально-технических и организационно-технологических компонентов, создания благоприятных финансово-экономических условий функционирования высокоэффективного животноводства [7].

На наш взгляд, процесс обоснования эффективности стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства может иметь следующий алгоритм:

1) сбор и анализ информации о региональной специфике социально-экономических кластеров, сельскохозяйственных районов и предприятий, обладающих наиболее полным ресурсным обеспечением для организации и эффективного ведения хозяйственной деятельности по производству продукции;

2) определение необходимых объемов производства продукции для обеспечения продовольственной безопасности страны и наращивание экспортного потенциала;

3) разработка экономического механизма, который обеспечит получение равновеликой прибыли всем участникам цепочки производство – переработка-реализация продукции животноводства на единицу вложенных средств с учетом срока обращения капитала;

4) принятие государственной программы ускоренного развития животноводства, благодаря которой появится возможность в полном объеме решить организационные вопросы, связанные с созданием культурных и улучшением

естественных пастбищ, обеспечением семенами, удобрениями и техникой для ухода за пастбищами, научным обеспечением, стандартизацией всех технологических звеньев организации производства и переработки продукции, оказанием государственной поддержки отрасли;

5) подготовка, разработка и реализация федеральных и региональных инвестиционно-инновационных программ конкурентоспособного развития отрасли животноводства.

Для развития животноводства, на наш взгляд, наиболее целесообразным является использование таких стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства, как: фокусировка на продукте, стратегия развития через дифференциацию продукции, стратегия интеграционного роста.

Эффективными стратегическими направлениями инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства на наш взгляд должны быть:

– государственная поддержка развития производства продукции животноводства;

– внедрение инновационно-интенсивных технологий выращивания животных;

– содействие привлечению инвестиций в отрасль;

– совершенствование системы ценообразования;

– упрощение системы налогообложения.

При разработке инновационной стратегии предприятия ведущую роль играют товарные инновации [8]. Следовательно, целью стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства России на долгосрочную перспективу является обеспечение производства такого объема качественной продукции, который гарантирует продовольственную безопасность страны, насыщение рынка продуктами питания доступными для всех слоев населения, обеспечит промышленность сырьем. Для ее реализации на основе разработанной инновационно-инвестиционной стратегии необходимо ускорить развитие отрасли, что позволит сократить импорт продукции животноводства при постепенном повышении потребления рекомендуемых норм питания на душу населения, а также сформировать организационно-технологические и финансово-экономические условия с целью повышения конкурентоспособности сельскохозяйственных товаропроизводителей и одновременно улучшить уровень занятости на сельских территориях.

Разработка стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития животноводства находит практическое выражение в мероприятиях, реализуемых в АПК Воронежской области. Обеспечение устойчивого развития экономики, укрепление позиций Воронежской области в национальном и мировом экономическом пространстве – такова основная цель развития АПК, определенная Стратегией социально-экономического развития Воронежской области до 2035 года, разрабатываемой в настоящее время [9].

В рамках основной стратегической цели выделены три подцели:

- укрепление позиций региона на национальном и мировом рынках продукции агропромышленного комплекса;
- повышение конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на внутреннем и внешнем рынках;
- создание комфортных условий жизнедеятельности в сельской местности.

Динамика поступательного развития агропромышленного комплекса Воронежской области будет определяться следующими тенденциями:

- темпами роста производства сельскохозяйственной и пищевой продукции, опережающими общероссийские;

- развитием экспорт ориентированного сельскохозяйственного производства, пищевой и перерабатывающей промышленности;

- стимулированием инновационной и инвестиционной деятельности крупных высокотехнологичных производств, импортозамещения на предприятиях агропромышленного комплекса;

- развитием селекционной и племенной базы растениеводства и животноводства;

- развитием системы инфраструктурного обеспечения агропродовольственного рынка;

- повышением уровня комплексного обустройства сельских населенных пунктов объектами социальной и инженерной инфраструктуры.

Отрасль животноводства в АПК Воронежской области последние годы демонстрирует хорошие результаты на фоне общей тенденции роста объемов производства продукции животноводства в РФ (таблица 1). Регион занимает первое место по темпам прироста объемов производства молока и второе по наращиванию численности КРС [10].

Таблица 1.

Динамика производства продукции животноводства в хозяйствах всех категорий, тыс. тонн

Table 1.

Dynamics of production of main animal husbandry products at enterprises of all types, thou. tonnes

Регион Region	Годы Year							2016 г. в % к 2010 г.
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	
Производство скота и птицы на убой (в убойном весе) Production of livestock, poultry for slaughter (slaughter weight)								
Российская Федерация Russian Federation	7166,8	7519,5	8090,3	8544,2	9070,3	9565,2	9899,2	138,1
Центральный федеральный округ Central Federal District	2052,0	2217,6	2561,7	2942,6	3073,9	3370,8	3538,3	172,4
Воронежская область Voronezh region	185,4	203,7	223,9	253,1	216,1	231,1	259,3	140,0
Производство молока Production of milk								
Российская Федерация Russian Federation	31847,3	31645,6	31755,8	30528,8	30790,9	30796,9	30758,5	96,5
Центральный федеральный округ Central Federal District	5753,2	5708,0	5784,1	5494,0	5393,4	5406,3	5434,8	94,5
Воронежская область Voronezh region	683,3	708,1	742,4	755,9	788,5	807,7	829,3	121,4

Как показывают данные таблицы 1 с 2010 по 2016 год в хозяйствах Воронежской области наблюдается рост объемов производства мяса на 40 %, а молока, на 21,4 %. При этом в целом по России данные показатели ниже. Достижение таких результатов связано с тем, что молочное и мясное животноводство являются приоритетными направлениями Воронежского АПК. Для инвесторов действует целый ряд субсидий, льгот и гарантий. В среднесрочной перспективе

наибольший социально-экономический эффект в АПК Воронежской области ожидается от реализации новых проектов ключевых инвесторов, ранее зарекомендовавших себя с положительной стороны. В частности, в отрасли молочного скотоводства крупнейшим инвестором в области является ООО «ЭкоНиваАгро». Предприятием в течение 2006–2016 гг. возведено 8 животноводческих комплексов с поголовьем от 1200 голов до 2800 фуражных коров каждый с общим

объемом инвестиций свыше 11 млрд рублей. В 2017 году инвестор приступил к реализации двух проектов в Бобровском районе на 2800 голов каждый с общим объемом инвестиций около 5 млрд рублей, разрабатывает проект реконструкции фермы, выкупленной у ООО «Мегаферма Березовка», и планирует реализацию еще двух проектов на территории области до 2019 года. Кроме того, ООО «ЭкоНиваАгро» в 2016 году запустило в Лискинском районе молокозавод мощностью 23 тонны готовой продукции в сутки. На полную мощность предприятие выйдет в 2017 году, объем инвестиций – 250 млн рублей.

Второй значимый инвестор в данном секторе АПК Воронежской области – группа компаний «Молвест», ранее специализировавшаяся на переработке молока. Начиная с 2013 года, группа компаний вложила в реализацию аграрного проекта в Кантемировском и Аннинском районах 9,4 млрд рублей. В 2017 году компания завершила реализацию первой очереди второго молочного проекта в Аннинском районе на 1200 голов и начала реконструкцию молочного комплекса в с. Садовое на 1200 голов. Кроме того, компания начала реализацию проекта строительства комплекса в Верхнемамонском районе на 2200 голов с объемом инвестиций 1,5 млрд рублей.

Кроме выше перечисленного правительством Воронежской области разработан план развития молочной отрасли на ближайшие пять лет, согласно которому количество крупных молочных комплексов достигнет тридцати (сейчас – 19), что позволит региону уже в 2020 году увеличить объем производства молока на треть – до 1 миллиона тонн.

Перспективы данного направления обусловлены значительной емкостью рынка (в целом по РФ по итогам 2016 года производство молока продолжило снижаться, составив 30,7 млн тонн, что на 0,2 % меньше, чем в 2015-м; обеспеченность России товарным молоком остается низкой – около 70 %), а также действующими мерами господдержки – при строительстве или модернизации молочного комплекса инвестор вправе претендовать на возмещение 30 % прямых понесенных затрат.

В сфере мясного скотоводства ООО «Заречное» продолжает реализацию крупного инвестиционного проекта по организации племенного и товарного производства специализированного мясного скота абердин-ангусской породы с маточным поголовьем 30 тысяч голов. После выхода проекта на полную мощность в 2017 году он позволил получать 20 тыс. тонн

мяса в живом весе и 10 тыс. племенных нетелей на продажу.

Кроме того, предприятие завершило приобретение всех активов племенного хозяйства «Стивенсон-Спутник». В результате сделки ООО «Заречное» нарастило материнское поголовье до 24 тыс. голов и теперь намерено значительно увеличить выпуск мраморной говядины под брендом «Праймбиф».

В свиноводстве группа компаний «АГРОЭКО» по итогам 2016 года вошла в первую десятку производителей свинины в России (в Воронежской области производит 64 % от областного объема). По данным на 2017 год в компании функционируют 10 свинокомплексов мощностью 1,2 млн. голов, элеватор на 155 тыс. тонн единовременного хранения зерна, комбикормовый завод мощностью 360 тыс. тонн кормов в год и другие вспомогательные объекты. После создания свиноводческих комплексов и введения в эксплуатацию в прошедшем году селекционно-генетического центра предприятие готовится к строительству современного мясоперерабатывающего комбината. Планируемые мощности комбината: убой производительностью 450 голов в час, обвалка и упаковка производительностью 600 голов в час, потребительская упаковка – 100 тонн в сутки. В 2018 году компания ведет строительство второго комбикормового завода мощностью 280 тыс. тонн продукции в год. При заводе будет возведен элеватор на 120 тыс. тонн зерна с возможностью расширения до 180 тыс. тонн. По факту реализации этих проектов «Агроэко» станет вертикально-интегрированным предприятием.

Заслуживает внимания и проект, реализуемый группой «Черкизово» по созданию свиноводческого кластера с объемом инвестиций около 10 млрд рублей, который предполагает строительство на территории Воронежской и Липецкой областей двух модулей, состоящих из 14 площадок откорма, двух репродукторов и завода по производству комбикормов.

Основной предпосылкой для формирования стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства является разработка инвестиционной стратегии, которая рассматривается нами как часть единой стратегии деятельности предприятия. Инвестиционная стратегия – это процесс формирования системы долгосрочных целей инвестиционной деятельности субъектов хозяйствования и выбор наиболее эффективных путей их достижения на базе прогнозирования условий осуществления этой деятельности с учетом конъюнктуры инвестиционного рынка и его отдельных сегментов.

Инвестиционная деятельность предприятий, особенно в производственных отраслях, осуществляется достаточно длительный период времени и поэтому должна проводиться с учетом определенной перспективы. Формирование направлений инвестиционной деятельности с учетом перспектив является процессом разработки инвестиционной стратегии.

Инвестиционный потенциал предприятия – это организованная совокупность имеющихся экономических ресурсов, которая находится в системном единстве, а также обусловленных ими при современном уровне развития, возможностей по мобилизации внутренних и внешних инвестиционных средств для реализации стратегических и тактических целей предприятия через механизм инвестирования [11]. Инвестиционный потенциал аграрного предприятия – это вложение в ресурсы и инфраструктуру, которые в дальнейшем будут использованы, имущественных и интеллектуальных ценностей с целью увеличения объемов производства, повышения качества продукции и получения прибыли.

Существуют различные подходы к оценке инвестиционной привлекательности предприятия. Оценка инвестиционной привлекательности предприятия, зависит прежде всего от особенностей инвестора и целей инвестиционной деятельности. Механизмы инвестирования инновационной деятельности направлены на обеспечение привлечения инвестиционных ресурсов для реализации возможностей эффективного инновационного развития государства, его регионов и субъектов хозяйственной деятельности [12, 13]. Система механизмов инвестирования включает: механизмы мобилизации собственных средств предприятия; механизмы мобилизации заемных средств; механизмы мобилизации привлеченных средств.

Процесс формирования инвестиционной стратегии реализуется по следующим этапам:

1. Определение периода реализации инвестиционной стратегии, которое включает: прогнозирование развития экономики в целом и инвестиционном рынке в частности; установление периода, который соответствует базовой стратегии предприятия; учет отраслевой принадлежности предприятия; учета размера предприятия, его мощностей и темпов развития.

2. Определение стратегических целей развития инвестиционной деятельности предприятия, которое включает: обеспечение прироста капитала и активов; повышение уровня рентабельности инвестиционной деятельности; оптимизацию пропорций в структуре реального и финансового инвестирования; совершенствование технологической и воспроизводственной

структуры инвестиций; совершенствование отраслевой и региональной направленности инвестиционных программ и проектов, а также обеспечение соответствующей диверсификации инвестиционной деятельности.

3. Разработка наиболее эффективных путей реализации стратегических целей инвестиционной деятельности, которая включает: разработку направлений формирования и вложения капитала; разработку системы мер достижения эффективности инвестиционной деятельности предприятия; разработку этапов реализации, принятой системы мер достижения стратегических целей инвестиционной деятельности.

4. Конкретизация инвестиционной стратегии по периодам ее реализации, которая включает: установление конкретных периодов формирования и реализации инвестиционной стратегии; определение последовательности достижения тех или иных этапов стратегии инвестиционной деятельности; определение периодов достижения конкретных задач, подцелей и главной цели инвестиционной деятельности предприятия.

5. Оценка разработанной инвестиционной стратегии предприятия, которая включает: осуществление общей оценки разработанной инвестиционной стратегии; оценку отдельных этапов осуществления инвестиционной стратегии; оценку отдельных задач и подцелей инвестиционной стратегии; оценку возможности реализации инвестиционной стратегии с учетом наличия ресурсного потенциала; оценку возможности реализации инвестиционной стратегии с учетом различных инвестиционных рисков.

В основу разработки инвестиционной стратегии предприятия, как правило, положены определенные базовые принципы. К таким принципам чаще всего относят:

- принцип учета влияния внутренней и внешней среды предприятия;
- принцип сочетания всех видов управления инвестиционной деятельностью (перспективного, текущего и оперативного);
- принцип альтернативности развития инвестиционной деятельности;
- принцип учета общей стратегии развития предприятия;
- принцип ориентации на конечные цели предпринимательской деятельности и ее миссию;
- принцип учета возможностей персонала в реализации инвестиционной стратегии;
- принцип учета инвестиционных рисков и изменчивости предпринимательской деятельности [14].

Инвестиционная стратегия предприятия реализуется: в процессе разработки и осуществления политики управления реальными инвестициями;

в процессе разработки и осуществления политики управления финансовыми инвестициями; в процессе разработки и осуществления политики формирования инвестиционных ресурсов.

Заключение

В заключении можно сделать вывод, что одним из приоритетных направлений развития экономики в рыночных условиях является внедрение инноваций в производство. Освоение предприятиями новых технологий и инноваций требует периодической оценки их инновационного потенциала с целью определения параметров и характеристик, которые имеют важное значение при осуществлении инвестиционной деятельности и должны учитываться при разработке и

реализации инновационной стратегии развития. В условиях России, где рыночные условия хозяйствования меняются очень быстро, финансовая устойчивость предприятий слишком низкая, а законодательная база не осуществлена и постоянно претерпевает изменения, необходимо обеспечение гибкого подхода к формированию инвестиционной стратегии и стратегических направлений инновационно-инвестиционного развития производства продукции животноводства. Только те предприятия, которые будут способны генерировать новые идеи и внедрять их в производство, получают реальные шансы на завоевание рынка и повышение конкурентоспособности своей продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1 Санду И.С., Рыженкова Н.Е. Инновационная деятельность в аграрном секторе экономики: теоретико-методологические аспекты // Экономика сельского хозяйства России. 2013. № 10. С. 2–11.

2 Северина Ю.Н., Улезко А.В. Особенности агропродовольственного комплекса как объекта управления // Экономика сельского хозяйства России 2017. № 9. С. 54–61

3 Закшевская Е.В. Инновационное развитие агропромышленного комплекса России в условиях глобализации экономики // Стратегия инновационного развития агропромышленного комплекса в условиях глобализации экономики: материалы международной научно-практической конференции. Воронеж: ВГАУ. 2015. С. 36–40.

4 Терновых К.С. Четверова К.С. Инновации в системе воспроизводства материально-технической базы интегрированных агропромышленных формирований // Роль аграрной науки в развитии АПК РФ: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 105-летию ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. Воронеж: ВГАУ, 2017. С. 150–154.

5 Zaporozhtseva L.A., Ryabykh M.E. Formation of criteria for effective management of agricultural enterprise // Russian journal of agricultural and socio-economic sciences. 2016. V. 53. № 5. P. 108–166.

6 Risin I.E., Treshchevsky Y.I., Tabachnikova M.B., Franovskaya G.N. Public Authorities and Business on the Possibilities of Region's Development // Overcoming Uncertainty of Institutional Environment as a Tool of Global Crisis Management. Springer. 2017. P. 55–62.

7 Malysheva T.V. et al. The sustainable development of competitive enterprises through the implementation of innovative development strategy // International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. № 6(1). P. 185–191.

8 Slater S.F., Mohr J.J., Sengupta S. Radical product innovation capability: Literature review, synthesis, and illustrative research propositions // Journal of Product Innovation Management. 2014. V. 31. № 3. P. 552–566.

9 Стратегия социально-экономического развития Воронежской области на период до 2035 года (проект). URL: <http://econom.govvrn.ru/its/proekt-strategii-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya>

10 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. URL: <http://www.gks.ru>

11 Федулова И.Ю. Инвестиционная стратегия предприятия как составная часть стратегии развития // Производственный менеджмент: теория, методология, практика: сборник материалов II Международной научно-практической конференции. Новосибирск: НГТУ. 2015. С. 204–209.

12 Brealy R., Myers S. Principles of Corporate Finance // N.J. 1994. P. 223 – 257.

13 Bugg-Levine A. Emerson J. Impact investing: Transforming how we make money while making a difference // Innovations: TECHNOLOGY. GOVERNANCE. GLOBALIZATION. Special edition for SOCAP11. 2011. P. 31–40.

14 Абдулрагимов И.А. Инвестиционная деятельность в АПК РФ: проблемы и пути развития. // Экономика и управление народным хозяйством. 2016. № 4 (137). С. 79–81.

REFERENCES

1 Sandu I.S., Ryzhenkova N.E. Innovative activity in the agrarian sector of economy: theoretical-methodological aspects. *Ekonomika selskogo khoziaistva Rossii* [Rural economics of Russia] 2013. no. 10. pp. 2–11 (in Russian)

2 Severin Y.N., Ulezko A.V. Features of an agro-food complex as object of management. *Ekonomika selskogo khoziaistva Rossii* [Rural economics of Russia] 2017. no. 9. pp. 54–61 (in Russian)

3 Zakshevskaya E.V. Innovative development of agro-industrial complex of Russia in the conditions of globalization of economy. *Strategiia innovatsionnogo razvitiia agropromyshlennogo kompleksa v usloviakh* [The Strategy of innovative development of agro-industrial complex in the conditions of globalization of economy] Voronezh, VSAU. 2015. pp. 36–40. (in Russian)

4 Temovykh K.S. Chetverova K.S. Innovations in the system of reproduction of material and technical resources of the integrated agro-industrial formations. *Rol agrarnoi nauki v razvitiu APK RF materialy mezhduнародnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii posviashchennoi 105 letii FGBOU VO Voronezhskii GAU* [Role of agrarian science in development of agrarian and industrial complex of the Russian Federation]. Voronezh, VSAU. 2017. pp. 150–154. (in Russian)

5 Zaporozhtseva L.A., Ryabykh M.E. Formation of criteria for effective management of agricultural enterprise. *Russian journal of agricultural and socio-economic sciences*. 2016. vol. 53. no. 5. pp. 108–166.

6 Risin I.E., Treshchevsky Y.I., Tabachnikova M.B., Franovskaya G.N. Public Authorities and Business on the Possibilities of Region's Development. Overcoming Uncertainty of Institutional Environment as a Tool of Global Crisis Management. Springer. 2017. pp. 55–62.

7 Malysheva T.V. et al. The sustainable development of competitive enterprises through the implementation of innovative development strategy. International Journal of Economics and Financial Issues. 2016. no. 6(1). pp. 185–191.

8 Slater S.F., Mohr J.J., Sengupta S. Radical product innovation capability: Literature review, synthesis, and illustrative research propositions. Journal of Product Innovation Management. 2014. vol. 31. no. 3. pp. 552–566.

9 Strategiiia sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia Voronezhskoi oblasti na period do 2035 goda proekt [The strategy of social and economic development of the Voronezh region until 2035 (project)] Available at: <http://econom.govrn.ru/its/proekt-strategii-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiia> (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Роман П. Белолипов к.э.н., доцент, кафедра управления и маркетинга в АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, улица Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, rom-bp@yandex.ru

Светлана Н. Коновалова д.э.н., доцент, кафедра управления и маркетинга в АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, улица Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, ksn.2011@yandex.ru

Михаил В. Загвозкин к.э.н., доцент, бкафедра управления и маркетинга в АПК, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, улица Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, mishzag@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 26.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 17.05.2018

10 Ofitsialnyi sait Federalnoi sluzhby gosudarstvennoi statistiki [Official site of Federal State Statistics Service] Available at: <http://www.gks.ru> (in Russian)

11 Fedulova I.Y. Investment strategy of the enterprise as component of the development strategy. Proizvodstvennyi menedzhment teoriiia metodologiiia praktika sbornik materialov II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Production management: theory, methodology, practice] Novosibirsk.: NGTU. 2015. pp. 204–209. (in Russian)

12 Breal R., Myers S. Principles of Corporate Finance. N.J. 1994. pp. 223 – 257.

13 Bugg-Levine A., Emerson J. Impact investing: Transforming how we makemoney while making a difference. Innovatons: TECHNOLOGY. GOVERNANCE. GLOBALIZATION. Special edition for SOCAP11. 2011. pp. 31–40.

14 Abdulragimov I.A. Investment activities in agrarian and industrial complex of the Russian Federation: problems and ways of development. *Ekonomika i upravlenie narodnym khoziaistvom* [Economy and management of the national economy] 2016. no. 4(137). pp. 79–81. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Roman P. Belolipov Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of management and marketing in AIC, Voronezh state agricultural university N.A. emperor Peter the Great, Michurina st., 1 Voronezh, 394087, Russia, rom-bp@yandex.ru

Svetlana N. Konovalova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of management and marketing in AIC, Voronezh state agricultural university N.A. emperor Peter the Great, Michurina st., 1 Voronezh, 394087, Russia, ksn.2011@yandex.ru

Mikhail V. Zagvozkina Cand. Sci. (Econ.), associate professor, department of management and marketing in AIC, Voronezh state agricultural university N.A. emperor Peter the Great, Michurina st., 1 Voronezh, 394087, Russia, mishzag@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism.

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.26.2018

ACCEPTED 5.17.2018

Экономическая безопасность предприятия: особенности, виды, критерии оценки

Ирина А. Киселева	¹	kia1962@list.ru
Николай Е. Симонович	²	nsimoni@mail.ru
Инна С. Косенко	³	inullya@mail.ru

¹ Российский экономический Университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия

² Российский Государственный Гуманитарный Университет, Миусская пл., 6, г. Москва, Россия

³ Воронежский государственный университет инженерных технологий, Революции пр-т, 19, 394036, г. Воронеж, Россия

Реферат. Проблема обеспечения экономической безопасности предприятия несомненно является актуальной в настоящее время, так как безопасность организации напрямую связана с эффективностью функционирования хозяйствующего субъекта. К тому же в России остро стоит проблема недобросовестной конкуренции на рынке, криминализации отдельных сегментов, которые заставляют предприятия принимать определенные меры. Анализ рисков предприятия позволяет избежать не только существенных материальных потерь, но и невосполнимого ущерба и даже банкротства. Экономическая безопасность является неотъемлемым элементом функционирования бизнеса и представляет собой сложную систему управления угрозами, присущими предпринимательской деятельности на протяжении всего жизненного цикла предприятия. Она обеспечивает достижение целей бизнеса в условиях конкуренции и хозяйственного риска. Цель работы состоит в изучении основных аспектов экономической безопасности предприятия в Российской Федерации. Объектом исследования данной работы выступает предприятие, а предметом – его экономическая безопасность. В качестве методов при выполнении работы выступали методы познания, ретроспективного и документального анализа, экономико-математического моделирования, а также синтез, обобщения, систематизация. Эффективность работы предприятия зависит не только от внутренних факторов, но и от внешних: политических, экономических, геополитических, экологических, социальных. Изучение их комплексного влияния на функционирование той или иной организации и составляет основу обеспечения экономической безопасности компании. Для того, чтобы обеспечить экономическую безопасность организации, ее стабильное функционирование и устойчивую позицию на рынке, необходимо управление рисками с целью их минимизации, а также проведение обязательных мер по снижению последствий и потерь от рисков.

Ключевые слова: риски, управление рисками, экономическая безопасность, предприятие, угрозы, механизм формирования экономической безопасности

Features of risks assessment from the position of the behavioral economy

Irina A. Kiseleva	¹	kia1962@list.ru
Nikolai E. Simonovich	²	nsimoni@mail.ru
Inna S. Kosenko	³	inullya@mail.ru

¹ Plekhanov Russian University of economics, Stremyanny alley, 36, Moscow, Russia

² Russian State Humanitarian University, Miuskaya sq., 6, Moscow, Russia

³ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolyutsii Av., 19, 394036, Voronezh, Russia

Summary. The problem of ensuring economic security of the enterprise is undoubtedly actual now as safety of the organization is directly connected with efficiency of functioning of the managing subject. In addition, in Russia there is an acute problem of unfair competition in the market, criminalization of certain segments that force enterprises to take certain measures. The analysis of risks of the enterprise allows to avoid not only essential material losses, but also irreparable damage and even bankruptcy. Economic security is an essential element of business operation and is a complex system of threat management inherent in business activities throughout the life cycle of the enterprise. It ensures achievement of business goals in conditions of competition and economic risk. The aim of the work is to study the main aspects of economic security of the enterprise in the Russian Federation. The object of the study of this work is the enterprise, and the subject – its economic security. The methods of cognition, retrospective and documentary analysis, economic and mathematical modeling, as well as synthesis, generalization, systematization were used as methods in the performance of the work. The efficiency of the enterprise depends not only on internal factors, but also on external: political, economic, geopolitical, environmental, social. The study of their complex influence on the functioning of an organization is the basis of ensuring the economic security of the company. In order to ensure the economic security of the organization, its stable operation and a stable position in the market, it is necessary to manage risks in order to minimize them, as well as mandatory measures to reduce the consequences and losses from risks.

Keywords: risks, risk management, economic security, enterprise, threats, mechanism of formation of economic security

Для цитирования

Киселева И.А., Симонович Н.Е., Косенко И.С. Экономическая безопасность предприятия: особенности, виды, критерии оценки // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 415–423. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-415-423

For citation

Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Kosenko I.S. Features of risks assessment from the position of the behavioral economy. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 415–423. (inRussian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-415-423

Понятие и сущность экономической безопасности предприятия

С усилением процесса глобализации роль экономической безопасности значительно усилилась. Мировой финансовый кризис показал необходимость формирования отлаженной системы в данной сфере, которая смогла бы обеспечить развитие бизнеса и экономики в целом эффективными методами.

Экономическую безопасность рассматривают на двух уровнях: на макроуровне, то есть как безопасность государства, и микроуровне – как безопасность предприятия. Рассмотрим последнее более подробно, однако прежде чем приступить к термину «экономическая безопасность предприятия», рассмотрим такие понятия как «предприятие» и «безопасность».

Общепринятая трактовка термина «предприятие» выглядит следующим образом: предприятие – это хозяйственная единица, осуществляющая непосредственное производство. Данное определение не учитывает такого фактора, как кооперация, основанная на разделении труда в процессе производства. Именно кооперация позволяет представить предприятие как организационное и технологическое единство, фиксирует предприятие как субъект хозяйствования.

Таким образом, можно дать более полное определение данному термину: «предприятие – экономически обособленный субъект хозяйствования, выступающий звеном общественного производства в виде комплекса производительных сил, представляющего основанную на внутреннем разделении труда кооперацию» [1].

Под безопасностью следует понимать такое состояние субъекта, при котором вероятность изменения присущих этому субъекту качеств и параметров его внешней среды невелика, меньше определенного интервала.

Понятие экономической безопасности в Российской Федерации является сравнительным новым. Впервые на законодательном уровне данный термин был закреплен в 1992 году в законе РФ «О безопасности». Данный закон можно трактовать как признание существования в стране данной проблемы, в нем были установлены понятия безопасности, объектов и субъектов безопасности, угрозы безопасности и обеспечения безопасности [2].

Вышеупомянутый федеральный закон не дает определения экономической безопасности предприятия. Приведем определение из учебника Олейникова. Автор трактует данный термин следующим образом: «экономическая безопасность предприятия – это состояние наиболее эффективного использования корпоративных

ресурсов для предотвращения угроз и для обеспечения стабильного функционирования предприятия в настоящее время и в будущем» [3].

Маламедов дает следующее определение: «под экономической безопасностью предпринимательской структуры будем понимать защищенность ее жизненно важных интересов от внутренних и внешних угроз, т. е. защита предпринимательской структуры, ее кадрового и интеллектуального потенциала, информации, технологий, капитала и прибыли, которая обеспечивается системой мер специального правового, экономического, организационного, информационно-технического и социального характера» [4].

Можно перечислять множество определений рассматриваемого термина. В экономической литературе до сих пор нет единого мнения о сущности и содержании этого понятия, однако существуют три основных подхода к определению экономической безопасности.

Прежде всего выделим определение сущности экономической безопасности исходя из угроз функционированию предприятию. Данного подхода придерживаются такие ученые как В. Шлыков, В. Романюк, А. Кашин, О. Грунин и другие.

А. Козаченко, В. Пономарев, С. Лекарев трактуют экономическую безопасность как определенное состояние экономической системы без ссылок на какие-либо угрозы.

Третий подход заключается в обосновании экономической безопасности как обеспечения сохранения коммерческой тайны и защиты информации. Данная трактовка характерна для российских ученых 90-х годов прошлого века, среди которых можно назвать В. Ярочкина, А. Шаваева.

В чем же заключается сущность экономической безопасности? Для предпринимательской структуры она состоит в создании состояния наилучшего использования ресурсов по предотвращению угроз предпринимательству и обеспечению условий стабильного, эффективного функционирования и получения прибыли.

При этом среди основных задач системы экономической безопасности предприятия можно выделить следующие:

- защита законных прав и интересов предприятия и его сотрудников;
- анализ данных и прогнозирование развития деятельности организации;
- своевременное выявление возможных внешних угроз безопасности к предприятию и его сотрудникам;
- недопущение проникновения на предприятие структур экономической разведки конкурентов;

- противодействие техническому проникновению в преступных целях;
- защита информации, составляющей коммерческую тайну;
- физическая и техническая охрана зданий, сооружений. Территории и транспортных средств и т. д.

Факторы обеспечения экономической безопасности организации

Факторы экономической безопасности предприятия будут непосредственно зависеть от вида его хозяйственной деятельности, от целей и задач конкретного предприятия.

Среди основных факторов экономической безопасности чаще всего выделяют экзогенные и эндогенные. Первые включают экономическую и политическую обстановку, фискальную политику государства, насыщенность рынка финансов, трудовых ресурсов, средств производства, рынков сбыта. Примерами эндогенных факторов являются кадровая политика предприятия и персонал, экономическая политика предприятия, обеспечение финансовой независимости и устойчивости, управление конкурентоспособностью предприятия, маркетинг, инновационная деятельность, непредвиденные обстоятельства и др [4].

Согласно другой классификации, можно выделить следующие факторы экономической безопасности предприятия:

- организационная структура предприятия;
- персонал;
- технологии;
- инновации;
- информационная среда;
- менеджмент;
- имущество предприятия;
- финансы предприятия и др.

Перечисленные факторы являются не только элементами обеспечения экономической безопасности предприятия, но и источниками потенциальных угроз. Поэтому возникает необходимость работы в организации топ-менеджеров, которые уделяли бы внимание обоим аспектам данной проблемы. При этом важно определить удельный вес каждого из факторов в общем уровне рисков предприятия и их участие в процессе обеспечения экономической безопасности.

Достижение эффективного управления предприятием и обеспечение экономической безопасности можно только с помощью создания целостной системы управления вышеперечисленными факторами и их ранжированием. Например, что касается такого фактора как персонал, руководству организации необходимо распределить полномочия и уровни ответственности между сотрудниками.

Важную роль в обеспечении экономической безопасности играет работа с персоналом предприятия и ее потенциальными работниками. От сознания и квалификации сотрудников во многом зависят перспективы развития предприятия.

Таким образом факторы обеспечения экономической безопасности предприятия представляют собой комплекс окружающих условий (как внешних, так и внутренних), воздействующих на параметры безопасности.

Критерии и показатели уровня экономической безопасности предприятия

Разработка системы индикаторов для предприятий является важным элементом своевременного выявления и предотвращения угроз, возникающих в составляющих экономической безопасности.

Индикаторами экономической безопасности являются известные нормативные характеристики и показатели, которые отвечают следующим требованиям:

- отражают угрозы экономической безопасности в количественной форме;
- обладают высокой изменчивостью и чувствительностью, что позволяет своевременно увидеть сигналы об изменении положения;
- выполняют функцию индикаторов не отдельно друг от друга, а лишь в совокупности.

Существуют четыре основные группы индикаторов: финансовые индикаторы, индикаторы взаимоотношений с контрагентами, индикаторы производства, социальные индикаторы. Рассмотрим чуть более подробно каждую из этих групп.

Финансовые индикаторы позволяют проанализировать показатели ликвидности, деловой активности, финансовой устойчивости, рентабельности и т. д.

Индикаторы взаимоотношений с контрагентами дают оценку коэффициенту качества постановки продукции, доли рынка, индекса лояльности клиентов и др.

Индикаторы производства отражают показатели динамики производства (стагнация, рост), фондоотдачи производства, объема инвестиций в инновации, фонд вооруженность труда, индекс роста основных средств, коэффициент выбытия, также они анализируют структуру и взаимосвязь фондов рабочего времени оборудования, ритмичность, уровень загруженности, рентабельность производства и др.

Социальные индикаторы включают в себя коэффициент текучести персонала, уровень соответствия сложности работ квалифицированному составу рабочих, движение кадров, потери рабочего времени, задолженность по оплате труда и т. п.

Критерий представляет собой признак, на основе которого проводится оценка угроз и ущерба от их воздействия [5]. Критерии экономической безопасности в отличие от индикаторов могут быть и количественными, и качественными. Они выражаются показателями экономической безопасности. Для оценки того или иного критерия применяются пороговые значения, то есть предельные величины, которые соответствуют нормальному состоянию экономической безопасности предприятия.

Для анализа уровня экономической безопасности организации необходимо проводить мониторинг деятельности предприятия и сравнение полученных показателей с пороговыми значениями. Ниже представлены основные задачи мониторинга хозяйствующего субъекта:

- оценка состояния и динамики развития предприятия;
- определение внешних и внутренних факторов, оказывающих влияние на потенциал предприятия;
- выявление рискообразующих факторов;
- моделирование воздействия угрожающих факторов на жизнеспособность предприятия;
- разработка и реализация мероприятий по устранению выявленных угроз.

Независимо от отраслевой принадлежности состояние экономической безопасности предприятия проходит несколько этапов: стабильное, предкризисное, кризисное, критическое (таблица 1).

Таблица 1.

Оценка состояния экономической безопасности предприятия

Table 1.

Assessment of the economic security of the enterprise

Состояние The State of the	Признаки Signs
Стабильное Stable	Индикаторы экономической безопасности находятся в пределах пороговых значений, а степень использования имеющегося потенциала близка к установленным нормам и стандартам Indicators of economic security are within the threshold and the degree of capacity utilization is close to the established norms and standards
Предкризисное It's precarious	Несоответствие хотя бы одного из индикаторов экономической безопасности пороговому значению, а другие приблизились к барьерным значениям. При этом не были утрачены технические и технологические возможности улучшения условий и результатов производства путем принятия мер предупредительного характера Discrepancy of at least one of the indicators of economic security threshold, while others approached the barrier. If this weren't lost technical and technological possibilities of improving the conditions and results of production through measures of a preventive nature
Кризисное Crisis	Несоответствие большинства основных индикаторов экономической безопасности пороговому значению, появляются признаки необратимости спада производства и частичной утраты потенциала вследствие истощения технического ресурса технологического оборудования и площадей, сокращения персонала The mismatch most major indicators of economic security threshold, show signs of irreversible decline in production and partial loss of capacity due to the exhaustion of technical resource technology equipment and space, staff reductions
Критическое Critical	Нарушаются все барьеры, отделяющие стабильное и кризисное состояния развития производства, а частичная утрата потенциала становится неизбежной и неотвратимой All barriers are broken, separating stable and crisis condition of production development and partial loss of the capacity becomes inevitable and imminent

Во избежание перехода в зону критического риска необходимо выбрать правильную систему показателей, которая давала бы адекватную оценку экономической безопасности предприятия.

Для проведения анализа экономической безопасности предприятия используются две основные группы источников информации: учетные и внеучетные. К учетным можно отнести бухгалтерский отчет и отчетность, статистический учет и отчетность, оперативный

учет и отчетность, а также выборочные учетные данные. Среди внеучетных выделяют:

- официальные документы (законы государства, постановления Правительства РФ, указы Президента РФ и др.);
- хозяйственно-правовые документы (договоры, соглашения, решения арбитражных и судебных органов);
- решения общих собраний коллектива;
- материалы о деятельности конкурентов;

- техническая и технологическая документация (паспорта машин и оборудования, технический уровень, качество продукции);
- материалы специальных исследований состояния производства на отдельных рабочих местах (хронометраж, фотография и т. п.);
- другие источники.

Среди основных инструментов диагностики экономической безопасности следует выделить SWOT-анализ. Основная идея данного метода заключается в том, что угрозы предприятия могут быть нивелированы сильными сторонами внешней среды. В процессе SWOT-анализа производится попарное сравнение факторов внутренней и внешней среды. Последовательность проведения анализа выглядит следующим образом:

- построение основной матрицы, обобщение значимых сильных и слабых сторон организации, угроз и возможностей внешней среды;

- построение вспомогательной матрицы – выбор согласующихся и конфликтующих пар;
- проведение анализа согласующихся пар и разработка стратегических альтернатив;
- выбор вероятной реакции предприятия на изменения.

В основной матрице SWOT-анализа ранжируются по убыванию значимости для предприятия угрозы и возможности внешней среды, а также сильные и слабые стороны организации (таблица 2).

При построении вспомогательной матрицы проводится выбор согласующихся и конфликтующих пар, то есть каждая сильная сторона сопоставляется со слабой стороной.

Согласующиеся пары заносятся в матрицу, конфликтующие в нее не заносятся, либо вычеркиваются. Дальнейший анализ проводится на основе выбранных согласующихся пар (таблица 3).

Таблица 2.

Основная матрица SWOT

Table 2.

Main SWOT matrix

S	Сильные стороны организаций Strengths of organizations	W	Слабые стороны организаций Weaknesses of organizations
S ₁		W ₁	
S ₂		W ₂	
S ₃		W ₃	
S ₄		W ₄	
S ₅		W ₅	
S ₆		W ₆	
S ₇		W ₇	
O	Возможности внешней среды Opportunities of the environment	T	Угрозы внешней среды Threats to the environment
O ₁		T ₁	
O ₂		T ₂	
O ₃		T ₃	
O ₄		T ₄	
O ₅		T ₅	
O ₆		T ₆	
O ₇		T ₇	

Таблица 3.

Вспомогательная матрица SWOT

Table 3.

Auxiliary SWOT matrix

	Сильные стороны (S) Strengths	Слабые стороны (W) Weak sides	Возможности (O) Capabilities
Угрозы (T) Threats	T:S	T:W	T:O
Возможности (O) Capabilities	O:S	O:W	
Слабые стороны (W) Weak sides	W:S		

При анализе изучаются шесть комбинаций факторов:

1. «Сильные стороны – возможности внешней среды» – рассматривается, способна ли организация использовать собственные сильные стороны для наилучшего использования возможностей внешней среды.

2. «Сильные стороны – угрозы» – рассматривается, способна ли организация компенсировать угрозы внешней среды за счет сильных сторон собственного потенциала, также выявляются угрозы, которые не могут быть компенсированы существующим потенциалом.

3. «Слабые стороны – угрозы внешней среды» – здесь рассматривается вопрос о том, насколько проявление угроз внешней среды будет увеличено в результате слабых сторон потенциала предприятия.

4. «Слабые стороны – возможности внешней среды» – здесь изучается вопрос о том, удастся ли организации воспользоваться возможностями внешней среды, несмотря на недостаток потенциала.

5. «Возможности – угрозы» – анализируется способность организации использовать возможности внешней среды для понижения уровня угроз.

6. «Сильные стороны – слабые стороны» – изучается возможность компенсировать недостаток потенциала предприятия за счет сильных сторон.

Основные виды угроз экономической безопасности предприятия

Прежде всего приведем определение термина «угроза». Под угрозой безопасности понимают изменения во внутренней и внешней среде субъекта, которые приводят к негативному изменению предмета безопасности. Здесь в качестве предмета угроз выступают составные части хозяйственной системы предприятия, параметры которых могут выйти за рамки допустимых значений [6].

Угрозы в экономической сфере имеют комплексный характер, они обуславливаются такими факторами, как сокращение валового продукта, снижение инвестиционной активности, стагнация аграрного сектора, рост внешнего и внутреннего государственного долга и т. д. Это говорит о том, что экономическая безопасность подвержена действию не только экономических факторов, но и геополитических, социальных, экологических и других.

Самой распространенной классификацией угроз экономической безопасности является их разделение на внутренние и внешние. Внешние угрозы не зависят от производственной деятельности предприятия, они возникают за пределами

организации. Как правило, они включают в себя изменения окружающей среды, которые могут нанести ущерб предприятию.

Среди внешних угроз экономической безопасности предприятия выделяют следующие:

- кардинальное изменение политической ситуации;
- макроэкономические кризисы;
- изменение законодательства, которое оказывает влияние на условия хозяйственной деятельности;
- действия криминальных структур;
- недобросовестная конкуренция;
- несанкционированный доступ конкурентов к информации, составляющей коммерческую тайну;
- природные катаклизмы и другие чрезвычайные ситуации;
- другие.

Под внешней составляющей экономической безопасности предприятия принято понимать способность предприятия организовывать отношения с внешней средой для максимального обеспечения своей экономической безопасности.

Внутренние угрозы непосредственно связаны с деятельностью предприятия и квалификацией его персонала. Они обусловлены процессами, возникающими в процессе производства и реализации продукции, и соответственно, оказывают влияние на результаты ведения хозяйственной деятельности.

Так к внутренним угрозам и факторам, дестабилизирующим деятельность организации, относятся действия и бездействия сотрудников предприятия (в том числе умышленные), которые противоречат интересам коммерческой деятельности, следствием чего может быть нанесение экономического ущерба компании, утрата информационных ресурсов, подрыв делового имиджа, возникновение проблем во взаимоотношениях с потенциальными и реальными партнерами и т. д. [7].

Таким образом к внутренним угрозам предприятия относятся:

- нарушение режима сохранения конфиденциальной информации;
- подрыв деловой репутации в бизнес сообществе;
- производственные недостатки, нарушения технологии;
- конфликтные ситуации с конкурентами и правоохранительными органами;
- упущения в стратегическом планировании деятельности, в том числе неверный выбор цели, ошибки в прогнозировании;
- противоправные действия персонала и другие.

Для своевременного выявления и нейтрализации условий и причин возникающих угроз необходимо, чтобы на предприятии эффективно функционировала служба безопасности. Перед ней стоят следующие задачи: обеспечение защиты имущества предприятия, обеспечение безопасности персонала, обеспечение защиты коммерческой тайны и другие.

Механизм формирования экономической безопасности предприятия

Практические действия, применяемые для обеспечения экономической безопасности, базируются на нормативно-правовой основе деятельности предприятия, мотивации его персонала, мерах экономического стимулирования, административных методах управления и других приемах.

Под механизмом понимается система, устройство, определяющее порядок какого-либо действия. Механизм обеспечения экономической безопасности организации состоит из нескольких этапов. Рассмотрим их более подробно.

Первый этап подразумевает формирование основ обеспечения экономической безопасности. Здесь необходимо создать стратегию, определить цели, функции и методы управления предприятием, конкретизировать субъект и объект управления.

Второй этап включает количественный и качественный анализ факторов внешней и внутренней среды. Производится идентификация рисков и угроз экономической безопасности предприятия, анализ влияния факторов на устойчивое развитие предприятия.

На следующем этапе проводится оценка значимых факторов и рисков, а также их влияние на экономическую безопасность исследуемого предприятия. С помощью изучения внешних и внутренних факторов организации выявляются основные возможности и угрозы, выявляется потенциал экономической безопасности компании.

Четвертый этап включает анализ и оценку экономической безопасности с помощью определения конкретного набора показателей.

Последний этап подразумевает разработку управленческих решений и рекомендаций, корректировку основ управления.

Такая последовательность действий позволяет разработать грамотные управленческие решения в области устойчивого развития. При этом стоит отметить, что механизм обеспечения имеет свои характерные черты: динамизм и постоянное совершенствование элементов механизма на основе анализа их эффективности, адаптивность и способность к изменениям в соответствии с внутренней и внешней средой функционирования организации [8].

Правильная структура механизма обеспечения экономической безопасности предприятия включает себя несколько блоков, эффективное взаимодействие которых позволяет обеспечить компании нормальную прибыль. Так, данный механизм включает в себя следующие элементы:

- непрерывный и всесторонний мониторинг состояния предприятия в целях выявления и устранения угроз экономической безопасности;
- определение пороговых значений производственно-экономических показателей, отклонение от которых ведет к нестабильности и возникновению конфликтов;
- деятельность служб безопасности по выявлению и предупреждению внешних и внутренних угроз.

Механизм обеспечения экономической безопасности является важнейшим элементом функционирования компании. Он выполняет такие функции, как защитную, регулятивную, инновационную и социальную.

Защитная функция состоит в предотвращении внутренних и внешних угроз деятельности и предполагает наличие достаточного ресурсного потенциала.

Регулятивная функция предполагает регулирование состояния среды функционирования предприятия. При этом важными элементами здесь являются условия внешней и внутренней среды хозяйствования.

Превентивная функция направлена на прогнозирование ситуации и предупреждение возникновения критического положения. Реализация данной функции основана на выработке множества мероприятий экономического, технологического, организационного характера. Для качественного прогнозирования рисков и угроз необходима качественная, достаточная, достоверная и своевременная информация.

Для обеспечения инновационной функции необходима разработка и последующая реализация инновационных решений и мероприятий для преодоления угроз.

Социальная функция заключается в обеспечении безопасности организации путем достижения наиболее высокого уровня и качества жизни владельца и сотрудников путем взаимного партнерства и удовлетворения социальных потребностей.

Таким образом, успех предприятия во многом зависит от скорости и правильности реакции на возникающие угрозы, то есть от создания эффективной системы обеспечения экономической безопасности компании.

Заключение

Проблема обеспечения экономической безопасности предприятий является одной из важнейших для функционирования любой компании. Все организации подвержены внутренним и внешним угрозам, которые необходимо своевременно выявлять и устранять.

Выработка правильной стратегии, определение целей, задач позволяет достичь данной цели. При этом для анализа состояния экономической безопасности предприятия необходимо выбрать определенный набор показателей.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кормишкина Л.А., Кормишкин Е.Д., Илякова И.Е. Экономическая безопасность организации (предприятия): учебное пособие. М.: РИОР : ИНФРА-М, 2017. 304 с. URL: <https://doi.org/10.12737/22946>.

2 Гапоненко В.Ф., Беспалько А.Л., Власков А.С. Г 198 Экономическая безопасность предприятий. Подходы и принципы. М.: Издательство «Ось-89», 2007. 208 с.

3 Олейников Е.Л. Основы экономической безопасности (Государство, регион, предприятие, личность). М.: Интел-Синтез, 1997. 138 с.

4 Меламедов С.Л. Формирование стратегии экономической безопасности предпринимательских структур. СПб, 2002

5 Безверхая Е. Н., Губа И.И.а, Ковалева К.А. Экономическая безопасность предприятия: сущность и факторы // Научный журнал КубГАУ – Scientific Journal of KubSAU. 2015. № 108. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-bezopasnost-predpriyatiya-suschnost-i-factory>.

6 Кормишкина Л.А., Кормишкин Е.Д., Илякова И.Е. Экономическая безопасность организации (предприятия): учеб. пособие. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2015. 278 с.

7 Мусатаева М.О. Источники, виды и факторы угроз экономической безопасности, создание службы экономической безопасности // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2015. Т. 23. С. 26–30. URL: <http://e-koncept.ru/2015/95250.htm>.

8 Колочков А.Б. Внешние и внутренние угрозы экономической безопасности предприятия // Научный журнал. 2017. № 5 (18). С. 67–68.

9 Серебрякова Н.А., Волкова С.А., Волкова Т.А. Формирование системы обеспечения экономической безопасности предприятия // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4 (70). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemy-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-predpriyatiya>.

10 Киселева И.А., Симонович Н.Е. – Киселева И.А., Симонович Н.Е. Проблемы безопасности и риска с позиции психолога и экономиста. М.: Новая реальность, 2016. 148 с.

11 Киселева И.А., Симонович Н.Е. – Киселева И.А., Симонович Н.Е. Экономическая и социально-психологическая безопасность предприятия // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2014. № 5. С. 30–34.

Используются финансовые индикаторы, индикаторы взаимоотношений с контрагентами, индикаторы производства, социальные индикаторы. Также эффективным является проведение SWOT-анализа.

Эффективность работы предприятия зависит не только от внутренних факторов, но и от внешних: политических, экономических, геополитических, экологических, социальных. Изучение их комплексного влияния на функционирование той или иной организации и составляет основу обеспечения экономической безопасности компании.

12 Корезин А.С. Менеджмент и контроллинг безопасности предприятия. М.: ПаркКом, 2011. 27 с.

13 Лавренчук Е.Н., Мингалева Ж.А. – Лавренчук Е.Н., Мингалева Ж.А. Риск-менеджмент и экономическая безопасность предприятия // Российское предпринимательство. 2010. № 4. С. 45–48.

14 Ляхович Д.Г. Оценка эффективности и степени влияния риска маркетинговых стратегий промышленного предприятия // Известия вузов. Машиностроение. 2006. № 1. С. 74–79.

15 Рыхтикова Н.А. Анализ и управление рисками организации. М.: Экономика, 2009. 125 с.

16 Тэлман Л.Н. Риски в экономике. М.: Юнити., 2002. 240 с.

17 Гончаренко Л.П. Экономическая и национальная безопасность: учебник. М.: Экономика, 2008. 543 с.

18 Фомичев А.Н. Риск-менеджмент: М.: Дашков и К, 2016. 372 с.

19 Черешкин Д.С. Управление рисками и безопасностью. М.: Издательская группа URSS, 2010. 200 с.

REFERENCES

1 Kormushkina L.A., Kormilkin E.D., Pyakov I.E. Ekonomicheskaja bezopasnost organizatsii predpriiatiia [Economic security of the organization (enterprise): textbook] Moscow, RIOR : INFRA-M, 2017. 304 p. Available at: <https://doi.org/10.12737/22946> mmm. (in Russian)

2 Gaponenko V. F., Bezpalko .AL., Vlaskov A. S. Ekonomicheskaja bezopasnost predpriatii Podkhody i printsipy [G 198 Economic security of enterprises. Approaches and principles] Moscow, Publishing House "Axis 89", 2007. 208 p. (in Russian)

3 Oleynikov E. L. Osnovy ekonomicheskoi bezopasnosti Gosudarstvo region predpriatie lichnost [Foundations of economic security (State, region, enterprise, personality)] Moscow, Intel-Synthesis, 1997. 138 c. (in Russian)

4 Melamedov S. L. Formirovanie strategii ekonomicheskoi bezopasnosti predprinimatelskikh struktur [Formation of the strategy of economic security of business structures] St. Petersburg, 2002 (in Russian)

5 Bezverha E. N., Guba I. I., Kovaleva, K. A. Economic security of enterprise: essence and factors. *Nauchnyi zhurnal KubGAU* [Scientific journal of KubSAU – Scientific Journal of KubSAU] 2015. no. 108. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskaya-bezopasnost-predpriyatiya-suschnost-i-factory>. (in Russian)

6 Kormushkina L.A., Kormilkin E.D., Ilyakov I.E. Ekonomicheskaya bezopasnost organizatsii predpriiatiia [Economic security of the organization (enterprise): proc. benefit] Saransk: Publishing house of the Mordovian University, 2015. 278 p. (in Russian)

7 Musataeva M. O. Sources, types and factors of threats to economic security, creation of economic security service. *Nauchno-metodicheskii elektronnyi zhurnal Kontsept* [Scientific and methodical electronic journal "Concept"] 2015. vol. 23. pp. 26-30. Available at: <http://e-koncept.ru/2015/95250.htm>. (in Russian)

8 Kolochkov A. B. External and internal threats to the economic security of the enterprise. *Nauchnyi zhurnal* [Scientific magazine] 2017. no. 5 (18). pp. 67-68. (in Russian)

9 Serebryakova N.A. Volkova S.A., Volkova T.A. Formation of system of economic security of the enterprise. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET] 2016. no. 4 (70). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-sistemy-obespecheniya-ekonomicheskoy-bezopasnosti-predpriiatiya>. (in Russian)

10 Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Kiseleva I.A., Simonovich N. E. Problemy bezopasnosti i riska s pozitsii psikhologa i ekonomista [Security concerns and risk from the perspective of a psychologist and economist] Moscow, New reality, 2016. 148 p. (in Russian)

11 Kiseleva I.A., Simonovich N.E., Kiseleva I.A., Simonovich N. E. Economic and socio-psychological

security of an enterprise. *Natsionalnye interesy priority i bezopasnost* [National interests: priorities and security] 2014. no. 5. pp.30-34. (in Russian)

12 Korezin A. S. Menedzhment i kontrolling bezopasnosti predpriiatiia [Management and controlling of enterprise security] Moscow, Parcom, 2011. 27 p. (in Russian)

13 Lavrenchuk E. N., Mingaleva Zh. A., Lavrenchuk E. N., Mingaleva Zh. A. Risk management and enterprise economic security. *Rossiiskoe predprinimatelstvo* [Journal of Russian entrepreneurship]. 2010. No. 4. P. 45-48. (in Russian)

14 Lyakhovich D. G. evaluation of the effectiveness and risk impact of marketing strategies of an industrial enterprise. *Izvestiya vuzov*. [News of universities] 2006. no. 1. pp. 74-79. (in Russian)

15 Rykhtikov N. Analiz i upravlenie riskami organizatsii [Analysis and risk management of the organization] Moscow, Economics, 2009. 125 p. (in Russian)

16 Tepman L. N. Riski v ekonomike [Risks in the economy]. Moscow, Yuniti., 2002. 240 p. (in Russian)

17 Goncharenko L. P. Ekonomicheskaya i natsionalnaia bezopasnost [Economic and national security: textbook] Moscow, Economics, 2008. 543 p. (in Russian)

18 Fomichev A. N. Risk-menedzhment [Risk management] Moscow, Dashkov I K, 2016. 372 p. (in Russian)

19 Chereshekin D. S. Upravlenie riskami [Risk and safety Management] Moscow, Publishing group URSS, 2010. 200 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Ирина А. Киселева д.э.н., профессор, кафедра математических методов в экономике, Российский экономический Университет имени Г.В. Плеханова, Стремянный пер., 36, г. Москва, Россия, kia1962@list.ru

Николай Е. Симонович д.псих.н., профессор, кафедра психологии личности Института психологии им. Л.С. Выготского, Российский Государственный Гуманитарный Университет, Миусская пл., 6, г. Москва, Россия, nsimoni@mail.ru

Инна С. Косенко к. т. н., доцент, кафедра управления качеством и машиностроительные технологии, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр. Революции, 19, Воронеж 394036, Россия, inullya@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 18.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Irina A. Kiseleva Dr. Sci. (Econ.), professor, mathematical methods in economics department, Plekhanov Russian University of economics, Stremyanny alley, 36, Moscow, Russia, kia1962@list.ru

Nikolai E. Simonovich Dr. Sci. (Psych.), professor, department of personality psychology institute named after L.S. Vygotsky, Russian State Humanitarian University, Miusskaya sq., 6, Moscow, Russia, nsimoni@mail.ru

Inna S. Kosenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, quality management and machine-building technologies department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, inullya@mail.ru

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.18.2018

ACCEPTED 5.18.2018

Политика регулирования рынка труда в регионе: сущность и содержание

Надежда А. Серебрякова¹ nad.serebryakova@mail.ru
Сергей М. Агафонов¹

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Региональный рынок труда как система общественных отношений с согласованными интересами работодателей и наемной рабочей силы в пределах региона выступает важным объектом государственного регулирования. Установлено, что основная задача государства в регулировании рынка труда состоит в разработке определенных «правил игры» и обеспечение гарантий их соблюдения. Данные «правила игры» должны быть положены в основу государственной политики регулирования рынка труда как на федеральном, так и на региональном уровнях. Авторская позиция состоит в том, что политика регулирования рынка труда как структурный элемент региональной социально-экономической политики имеет следующую структуру, отражающую ее содержание: цель, задачи, субъект, предмет, объект, принципы, методы, инструменты, плоскости интересов и ожидаемые эффекты. На разработку и реализацию политики регулирования рынка труда оказывают влияние такие факторы как организационный, экономический, правовой и ресурсный. Сущность политики регулирования рынка труда раскрыта в авторском определении как совокупность принципов, методов и инструментов, направленных на сбалансирование и реализацию разнонаправленных интересов органов власти и управления, органов местного самоуправления, представителей работников и работодателей, организаций сферы образования, исследований и разработок, институтов гражданского общества, с целью обеспечения эффективной занятости населения и решения проблемы безработицы, с учетом организационных, экономических, правовых и ресурсных факторов..

Ключевые слова: рынок труда, региональный рынок труда, политика регулирования рынка труда в регионе.

Labor market regulation policy in the region: nature and content

Nadezhda A. Serebryakova¹ nad.serebryakova@mail.ru
Sergey M. Agafonov¹

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The regional labor market as a system of social relations with the agreed interests of employers and employees within the region is an important object of state regulation. It is established that the main task of the state in the regulation of the labor market is to develop certain "rules of the game" and to ensure their observance. These "rules of the game" should be the basis of the state policy of labor market regulation at both Federal and regional levels. The author's position is that the labor market regulation policy as a structural element of the regional socio-economic policy has the following structure reflecting its content: purpose, objectives, subject, object, principles, methods, tools, planes of interests and expected effects. Factors such as organizational, economic, legal and resource factors influence the development and implementation of labor market regulation policies. The essence of the policy of labor market regulation is revealed in the author's definition as a set of principles, methods and tools aimed at balancing and realization of multidirectional interests of the authorities and management bodies, local governments, representatives of workers and employers, educational organizations, research and development, civil society institutions, in order to ensure effective employment of the population and to solve the unemployment problem, taking into account organizational, economic, legal and resource factors.

Keywords: labor market regulation policy in the region: nature and content

Введение

Региональный рынок труда представляет собой систему общественных отношений с согласованными интересами работодателей и наемной рабочей силы в пределах региона. Он во многом определяет устойчивое развитие экономики региона и ее эффективность. При этом как на федеральном, так и на региональном уровнях государство должно регулировать рынок труда, поскольку, как пишет О.А. Колесникова: «...стихийный рынок труда вытесняет из конкурентной борьбы за рабочие места социально незащищенные группы населения; целые отрасли экономики и отдельные профессии могут оказаться «нерыночными», т. е. не приносящими прибыли и, соответственно, отторгаемыми рыночной экономикой. В отсутствие государственного регулирования рыночная стихия чревата

социальными катаклизмами. Для достижения социальной справедливости и гарантии равных возможностей доступа к рабочим местам рынок должен регулироваться определенными институтами, заинтересованными в сохранении социального мира. Именно таким институтом выступает в первую очередь государство, вырабатывающее для регулирования рынка труда определенную стратегию» [14].

Основная задача государства в регулировании рынка труда состоит в разработке определенных «правил игры» и обеспечение гарантий их соблюдения. Данные «правила игры» должны быть положены в основу государственной политики регулирования рынка труда как на федеральном, так и на региональном уровнях.

Для цитирования

Серебрякова Н.А., Агафонов С.М. Политика регулирования рынка труда в регионе: сущность и содержание // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 424–430. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-424-430

For citation

Serebrjakova N.A., Agafonov S.M. Labor market regulation policy in the region: nature and content. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 424–430. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-424-430

Политика регулирования рынка труда, согласно О.А. Колесниковой, это: «совокупность принципов, методов и инструментов воздействия на процессы формирования, движения и использования трудового потенциала общества, охватывающая все фазы воспроизводства рабочей силы, направленная на повышение эффективности функционирования рынка труда и снижение социальных издержек действия рыночного механизма в сфере занятости» [14].

Выделяют следующие виды политики регулирования рынка труда: 1) политика «регулируемого рынка труда», в основе которой лежит кейнсианская модель регулирования экономики; 2) политика «нерегулируемого рынка труда», исходящая из того, что спрос и предложение на рынке труда могут без внешнего воздействия достичь состояния равновесия (через развитие всех форм мобильности рабочей силы, включая территориальную, профессиональную и т. п.); 3) активная политика на рынке труда, отличающаяся использованием широкого спектра мер, воздействующих на рынок труда.

Результаты и обсуждение

Политика регулирования рынка труда является структурным элементом региональной социально-экономической политики. Руководствуясь принципом генетической определенности, можно утверждать, что структура системы более низкого порядка должна проецировать на себя структуру системы более высокого порядка, элементом которой она выступает. Следовательно, при разработке и реализации политики регулирования рынка труда необходимо учитывать, что она должна содержать в себе элементы, аналогичные элементам региональной социально-экономической политики.

Разработка политики регулирования рынка труда должна начинаться с определения ее целей и задач.

Цель политики регулирования рынка труда может быть декомпозирована на два целевых ориентира. Первым ориентиром выступает содействие эффективной занятости населения, путем реализации ее активных мер, а именно: профессионального обучения и консультирования, создания условий для активного поиска работы, разработки и реализации программ содействия занятости социально уязвимых категорий граждан, стимулирования самозанятости.

Второй ориентир – решение проблемы безработицы. Такая целевая ориентация политики регулирования рынка труда обусловлена дифференцированным уровнем безработицы

среди работников различных профессионально-квалификационных групп. Достижение данной цели возможно путем реализации стабилизационной макроэкономической политики, содействия экономическому росту, достижения оптимальных пропорций в распределении трудовых ресурсов по отраслям экономики, повышения трудовой мобильности граждан.

Таким образом, базовой целью политики регулирования рынка труда выступает обеспечение эффективной занятости населения региона и решение проблемы безработицы.

Достижение базовой цели возможно путем решения ряда задач:

- 1) создание условий для формирования спроса на рабочую силу и ее предложения;
- 2) сохранение и создание рабочих мест в организациях;
- 3) содействие развитию предпринимательства с целью создания новых рабочих мест;
- 4) содействие созданию рабочих мест для лиц с ограниченной возможностью использования трудового потенциала;
- 5) развитие системы профориентации;
- 6) развитие системы обучения, переобучения и повышения квалификации безработных граждан;
- 7) развитие самозанятости;
- 8) законодательное регулирование продолжительности рабочего времени;
- 9) регулирование миграционных потоков и борьба с нелегальной миграцией;
- 10) организация общественных работ для безработных граждан.

Предметом политики регулирования рынка труда региона является система отношений по поводу обеспечения эффективной занятости населения региона и решения проблемы безработицы.

Объектом политики регулирования рынка труда выступает региональный рынок труда.

При разработке и реализации политики регулирования рынка труда необходимо руководствоваться как принципами, положенными в основу социально-экономической политики региона, так и рядом специфических для данной сферы.

К числу общих принципов, определяющих построение региональной социально-экономической политики, можно отнести следующие:

- системность и обоснованность;
- транспарентность;
- индикативность;
- долгосрочная направленность;
- гибкость;
- рефлексивность;
- рациональность;
- результативность.

Специфические принципы политики регулирования рынка труда:

- свобода труда;
- защита от безработицы и содействие в трудоустройстве;
- обеспечение права каждого работника на справедливые условия труда;
- запрещение принудительного труда и дискриминации в сфере труда.

Традиционно выделяют прямые и косвенные методы политики регулирования рынка труда. По мнению П.Э. Шлендера и Ю.П. Кокина, прямые методы предполагают законодательное регулирование, а косвенные – экономическое [15]. Е.А. Ефимова в рамках данных методов предлагает следующую классификацию инструментов:

- административные инструменты, которые базируются на силе государственной власти и включают меры запрета, разрешения или принуждения (к ним относятся: законодательное регулирование трудовых отношений и миграции; лицензирование деятельности предприятий и организаций; квотирование рабочих мест; установление МРОТ);

- организационные инструменты, используемые государством с целью создания социально-экономических условий для участников рынка труда, при которых им проще заключать трудовые договора, например: организация работы служб занятости населения; профориентационная работа; обеспечение доступности информации о состоянии рынка труда (ведение единых баз данных по вакансиям в регионах, создание информационного интернет-портала «Работа в России»);

- экономические инструменты, призванные создать экономические стимулы у участников рынка труда, и таким образом скорректировать их поведение для достижения полной занятости (налогообложение фонда оплаты труда; предоставление налоговых льгот предприятиям, создающим и сохраняющим рабочие места; правительственные расходы на финансирование мероприятий в области содействия занятости; государственные инвестиции; государственные заказы предприятиям; льготное кредитование; субсидирование занятости, поощрение самозанятости; дотации, субвенции и субсидии субъектам Федерации) [12].

Традиционно выделяют следующие субъекты политики регулирования рынка труда: органы власти и управления, органы местного самоуправления, представители работников и представители работодателей. Однако, учитывая особенности современного этапа развития общества, характеризующегося переходом к экономике

знаний, где одним из основных факторов экономического роста выступают знания и инновации, необходимо расширить состав субъектов политики регулирования рынка труда с целью оптимального согласования их многообразных и разнонаправленных интересов.

Основываясь на положениях концепции «тройной спирали», разработанной в начале XXI века Г. Ицковицем и Л. Лейдесдорфом, ключевыми элементами инновационной системы выступают власть, бизнес и научные организации.

Учитывая особую роль сферы труда и занятости в обеспечении инновационного развития экономики региона, считаем целесообразным расширение состава субъектов политики регулирования рынка труда, путем включения организаций сферы образования, исследований и разработок, а также институтов гражданского общества.

Эффективность разработки и реализации политики регулирования рынка труда в регионе во многом определяется соблюдением интересов всех ее субъектов: органов власти и управления, органов местного самоуправления, представителей работников и представителей работодателей, организаций сферы образования, исследований и разработок, а также институтов гражданского общества.

В результате реализации политики регулирования рынка труда в регионе становится возможным получение таких эффектов, как:

- обеспечение эффективной занятости в экономике региона;
- сокращение масштабов безработицы;
- развитие научно-производственных кластеров;
- увеличение числа высокотехнологичных рабочих мест;
- развитие системы социального партнерства в регионе.

Таким образом, политика регулирования рынка труда в регионе – это действенный инструмент, позволяющий согласовывать интересы субъектов регионального рынка труда и достигать их цели. В том случае, если политика отвечает критериям: научной обоснованности, своевременности, гибкости, комплексности и системности, а также предполагает использование при разработке прогрессивных подходов к управлению, то ее реализация способна обеспечить условия, благоприятные для эффективного и сбалансированного развития региональной экономики, перехода к инновационной модели развития.

Авторская интерпретация ключевых элементов политики регулирования рынка труда, которые необходимо определить при ее разработке и реализации, представлена на рисунке 1.



Рисунок 1. Ключевые элементы политики регулирования рынка труда региона

Figure 1. Key elements of labour market regulation policy in the region

При разработке и реализации политики регулирования рынка труда необходимо учитывать следующие факторы, которые оказывают на нее непосредственное влияние: организационные, экономические, правовые и ресурсные.

Организационные факторы представлены комплексом организаций и учреждений, обеспечивающих функционирование рынка труда. Основными его структурными компонентами выступают:

1. государственная служба занятости;
2. комплекс учреждений, занимающихся профессиональной подготовкой и переподготовкой свободной и высвобождаемой рабочей силы;
3. информационно-исследовательские центры;
4. негосударственные организации содействия занятости) и др.

Деятельность исполнительных органов государственной власти по разработке и реализации политики регулирования рынка труда в регионе также можно рассматривать как организационный фактор. Необходимо отметить, что организационные факторы оказывают значительное воздействие на эффективность разработки и реализации политики регулирования рынка труда в регионе, поскольку именно они формируют инфраструктуру функционирования регионального рынка труда.

В состав группы экономических факторов, влияющих на разработку и реализацию политики регулирования рынка труда в регионе, автором включены социально-экономическое положение региона, его ресурсное обеспечение, эффективность реализации программ содействия занятости населения и решения проблемы безработицы, наличие эффективных механизмов реализации трудового потенциала региона.

В число правовых факторов, воздействующих на разработку и реализацию политики регулирования рынка труда в регионе, необходимо включить правовые нормы и ограничения, которые формируют законодательную основу функционирования рынка труда на всех уровнях хозяйствования. В Воронежской области в группу правовых факторов можно включить:

- Закон РФ от 19.04.1991 № 1032-1 (ред. от 28.12.2016) «О занятости населения в Российской Федерации»;
- Указ Президента РФ от 3.06.1996 № 803 «Об основных положениях региональной политики в Российской Федерации»;
- «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации

на период до 2020 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 17.11.2008 г. № 1662-р;

- «О стратегическом планировании в РФ» 172-ФЗ;

- Закон Воронежской области «О регулировании отдельных отношений в сфере занятости населения на территории Воронежской области» № 74-ОЗ от 08.06.2012;

- Программа социально-экономического развития Воронежской области;

- Государственная программа Воронежской области «Содействие занятости населения» и др.

Анализируя правовые условия, необходимо отметить, что в 2012 г. областной Думой Воронежской области был принят закон «О регулировании отдельных отношений в сфере занятости населения на территории Воронежской области», который ежегодно редактируется с учетом изменений как в законодательстве, так и в социально-экономических условиях. Закон Воронежской области регулирует отдельные отношения в сфере занятости населения на территории Воронежской области, определяет полномочия Воронежской областной Думы, Губернатора Воронежской области, правительства Воронежской области и уполномоченного органа в области содействия занятости населения. В Законе определены специальные мероприятия, повышающие конкурентоспособность инвалидов на рынке труда, установлены дополнительные гарантии права на труд и социальную защиту от безработицы определенных категорий граждан (детей-сирот, детей, оставшихся без попечения родителей). Закон регламентирует предоставление государственных услуг и исполнение государственных функций в области содействия занятости населения [13].

Разработку и принятие данного закона следует отнести к созданию и совершенствованию правовых условий разработки и реализации политики регулирования рынка труда в регионе.

Автором было предложено в числе факторов, влияющих на эффективность разработки и реализации политики регулирования рынка труда в регионе, учитывать ресурсные факторы, к которым следует отнести количественные и качественные характеристики трудовых ресурсов региона. Придерживаясь мнения Л.Н. Бессоновой, можно утверждать, что учет «особенностей формирования трудовых ресурсов региона и тенденций их развития с целью выработки мероприятий по повышению эффективности их использования становится одним из ведущих направлений в региональной экономике,

обеспечивающий рост ее эффективности» [9]. К количественным характеристикам трудовых ресурсов можно отнести: численность населения в трудоспособном возрасте, его половозрастной состав, численность занятых и безработных. Качественными характеристиками выступают: образовательный уровень населения, профессионально-квалификационная структура трудовых ресурсов, нравственный и духовный уровень населения, его творческий потенциал и трудовая мобильность, а также структура трудовых мотивов.

Таким образом, всесторонний и системный анализ и учет обозначенных факторов, позволит разрабатывать и реализовывать политику регулирования рынка труда в регионе на качественно новом уровне, значительно способствуя повышению ее эффективности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Akhmedov A., Denisova I., Kartseva M. Active Labor Market Policies in Russia: Regional Interpretation Determines Effectiveness? Center for Economic and Financial Research and New Economic School. M., 2003.
- 2 Bertola G., Blau F.D., Kahn L.M. Labor Market Institutions and Demographic Employment Patterns. NBER Working Paper No. 9043 // Journal of Population Economics. 2002. № 20. P. 833–867.
- 3 Budd J. Employment with a Human Face: Balancing Efficiency, Equity, and Voice. Ithaca: Cornell University Press, 2004.
- 4 Eichhorst W., Escudero V., Marx P., Tobin S. The Impact of the Crisis on Employment and the Role of Labor Market Institutions // Discussion Paper. 2010. № 5320.
- 5 Fedchenko A.A., Kolesnikova O.A., Dashkova E.S., Dorokhova N.V. Methodological approaches to study of informal employment // Journal of Applied Economic Sciences. 2016. V. 11. № 7. P. 1281–1289.
- 6 Global Employment Trends for youth 2017. URL: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-dgreports/-dcomm/-publ/documents/publication/wcms_598669.pdf.
- 7 Liebert N. Employment Policy in Times of Crisis. From a Job-Rich Recovery to Sustainable Structural Change. Brussels, 2010. URL: <http://library.fes.de/pdf-files/iez/global/07286.pdf>.
- 8 Serebryakova N.A., Dorokhova N.V., Isaenko M.I., Dashkova E.S. Directions of transformation of labor relations in the modern conditions // Journal of Applied Economic Sciences. 2016. V. 11. № 8. P. 1542–1551.
- 9 Бессонова Л.Н. Особенности оценки трудовых ресурсов на уровне региона // Вестник Югорского государственного университета. 2011. № 4(23). С. 10–12.
- 10 Дашкова Е.С., Дорохова Н.В. Занятость населения в России: современные тенденции. Воронеж: Воронежская ЦНТИ – филиал ФГБУ «РЭА» Минэнерго России, 2013. С. 50–51.
- 11 Дорохова Н.В., Дашкова Е.С. Современные трансформации на рынке труда // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. № 3 (12). С. 100–101.
- 12 Ефимова Е.А. Регулирование рынка труда в субъектах Российской Федерации // Экономические проблемы регионов и отраслевых комплексов. 2010. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/regulirovanie-rynka-truda-v-subektah-rossiyskoy-federatsii>.

Заключение

Подытожив все выше сказанное, можно сформулировать авторское определение политики регулирования рынка труда в регионе.

Политика регулирования рынка труда в регионе представляет собой совокупность принципов, методов и инструментов, направленных на сбалансирование и реализацию разнонаправленных интересов органов власти и управления, органов местного самоуправления, представителей работников и работодателей, организаций сферы образования, исследований и разработок, институтов гражданского общества, с целью обеспечения эффективной занятости населения и решения проблемы безработицы, с учетом организационных, экономических, правовых и ресурсных факторов.

13 Закон Воронежской области от 08.06.2012 № 74-ОЗ (ред. От 31.10.2017) «О регулировании отдельных отношений в сфере занятости населения на территории Воронежской области». Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/469710383>.

14 Колесникова О.А., Костровая В.Н. Управление человеческими ресурсами: учебник. Воронеж: ВИВТ, 2013. С. 235

15 Шлендер П.Э., Кокин Ю.П. Экономика труда: учебник. М.: Юристъ, 2002. С. 109.

16 Кутаева Т.Н., Горшкова Д.С., Шамин Е.А. Особенности развития потребительской кооперации на современном этапе // Вестник НГИЭИ. 2017. № 5 (72). С. 113–120.

REFERENCES

- 1 Akhmedov A., Denisova I., Kartseva M. Active Labor Market Policies in Russia: Regional Interpretation Determines Effectiveness? Center for Economic and Financial Research and New Economic School. M., 2003.
- 2 Bertola G., Blau F.D., Kahn L.M. Labor Market Institutions and Demographic Employment Patterns. NBER Working Paper No. 9043. Journal of Population Economics. 2002. no 20. pp. 833–867.
- 3 Budd J. Employment with a Human Face: Balancing Efficiency, Equity, and Voice. Ithaca: Cornell University Press, 2004.
- 4 Eichhorst W., Escudero V., Marx P., Tobin S. The Impact of the Crisis on Employment and the Role of Labor Market Institutions. Discussion Paper. 2010. no. 5320.
- 5 Fedchenko A.A., Kolesnikova O.A., Dashkova E.S., Dorokhova N.V. Methodological approaches to study of informal employment. Journal of Applied Economic Sciences. 2016. vol. 11. no. 7. pp. 1281–1289.
- 6 Global Employment Trends for youth 2017. Available at: http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/-dgreports/-dcomm/-publ/documents/publication/wcms_598669.pdf.
- 7 Liebert N. Employment Policy in Times of Crisis. From a Job-Rich Recovery to Sustainable Structural Change. Brussels, 2010. Available at: <http://library.fes.de/pdf-files/iez/global/07286.pdf>.
- 8 Serebryakova N.A., Dorokhova N.V., Isaenko M.I., Dashkova E.S. Directions of transformation of labor relations in the modern conditions. Journal of Applied Economic Sciences. 2016. vol. 11. no. 8. pp. 1542–1551.
- 9 Bessonova L.N. Features of the assessment of labor resources at the level of the region. *Vestnik IUGorskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Ugra State University] 2011. no. 4 (23). pp. 10–12. (in Russian)

10 Dashkova E.S., Dorokhova N.V. Zaniatost naseleniia v Rossii sovremennye tendentsii [Employment of the population in Russia: current trends] Voronezh: Voronezh TsNTI - branch of FGBU "REA" Ministry of Energy of Russia, 2013. pp. 50-51. (in Russian)

11 Dorokhova N.V., Dashkova E.S. Modern transformations in the labor market. *Ekonomika Innovatsii Upravlenie kachestvom* [Economics. Innovation. Quality control] 2015. no. 3 (12). pp. 100-101. (in Russian)

12 Efimova E.A. Regulation of the labor market in the subjects of the Russian Federation. *Ekonomicheskie problemy regionov i otraslevykh kompleksov* [Economic problems of regions and industrial complexes] 2010. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/regulirovanie-rynka-truda-v-subektah-rossiyskoy-federatsii>. (in Russian)

13 Zakon Voronezhskoi oblasti ot 08.06.2012 74 OZ red Ot 31.10.2017 O regulirovanii otdelnykh otnošenii v sfere zaniatosti naseleniia na territorii Voronezhskoi

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Надежда А. Серебрякова д.э.н., профессор, кафедра теории экономики, товароведения и торговли, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, nad.serebryakova@mail.ru

Сергей М. Агафонов соискатель, кафедра теории экономики, товароведения и торговли, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.02.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 26.04.2018

oblasti Elektronnyi fond pravovoi i normativno-tekhnicheskoi dokumentatsii [Law of the Voronezh Region of 08.06.2012 No. 74 OZ (as amended on October 31, 2017) "On the Regulation of Certain Relations in the Sphere of Employment of Population in the Territory of the Voronezh Region". Electronic fund of legal and normative technical documentation] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/469710383>. (in Russian)

14 Kolesnikova O.A., Kostrovaya V.N. Upravlenie chelovecheskimi resursami [Human Resource Management: A Textbook] Voronezh, VIVT, 2013. pp. 235 (in Russian)

15 Shlender PE, Kokin Yu.P. *Ekonomika truda* [Labor Economics: A Textbook] Moscow, Jurist, 2002. pp. 109. (in Russian)

16 Kutaeva TN, Gorshkova DS, Shamin E.A. Peculiarities of the development of consumer cooperation at the present stage // Herald NGIEI. 2017. No. 5 (72). Pp. 113-120.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Nadezhda A. Serebryakova Dr. Sci. (Econ.), professor, theory of economics, commodity research and trade department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, nad.serebryakova@mail.ru

Sergey M. Agafonov aspirant, theory of economics, commodity research and trade department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.14.2018

ACCEPTED 4.26.2018

Научное обоснование системы многокритериального подхода к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала промышленных предприятий

Светлана В. Пономарева¹ psvpon@mail.ru
Ирина В. Железнова¹ honey1805@yandex.ru

¹Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

Реферат. Статья предоставляет обзор существующих подходов к стратегическому планированию на промышленных предприятиях, раскрывает степень разработанности проблемы внутрифирменного планирования. Авторами статьи предлагается многокритериальный подход к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала, т.к. такой подход учитывает особенности каждого предприятия. В статье рассмотрены основные критерии планирования и представлена система плановых показателей, с помощью которой осуществляется подготовка и обоснование управленческих решений, а также увязываются цели плана с ресурсами и эффективностью их использования. На основе изучения научных трудов российских и зарубежных учёных установлено, что многокритериальный подход к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала промышленного предприятия является наиболее актуальным в условиях внедрения цифровой экономики в деятельности крупных компаний. Особое внимание в научной статье уделено проблемам обоснования выбора подходов к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала промышленными компаниями. В статье авторами рассматриваются как базовые теоретические подходы, так и инновационные, приведён анализ взглядов исследователей на проблему применения подходов к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала промышленными предприятиями. В качестве исследовательских задач авторами были определены направления выбора критериев оценки внутрифирменного планирования собственного капитала промышленными предприятиями. Объектом исследования, в данной работе, выступают промышленные предприятия Российской Федерации, которые, в настоящий период времени, адаптируются к новым условиям функционирования, в рамках концепции «Индустрия 4.0». Предмет исследования – научные подходы к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала промышленного предприятия. Статья исследовательская, она имеет теоретический характер, в этой связи выбраны следующие методы научного познания материалов: дедукция, синтез и др. В заключении авторы приходят к выводу, что научные подходы к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала целесообразно развивать, так как происходит цифровая трансформация основных процессов внутри всех крупных промышленных предприятий. Так как цифровизация, сегодня, коснулась всех этапов выпуска готовой продукции, транспортной логистики и других сфер деятельности промышленного производства.

Ключевые слова: внутрифирменное планирование, собственный капитал, промышленные предприятия, критерии планирования, плановые показатели

Scientific substantiation of the multi-criteria approach system to intrafirm strategic planning of equity capital on the industrial enterprises

Svetlana V. Ponomareva¹ psvpon@mail.ru
Irina V. Zheleznova¹ honey1805@yandex.ru

¹Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

Summary. The article provides an overview of existing approaches to strategic planning in industrial enterprises, reveals the degree of development of the problem of internal planning. The authors of the article propose a multi-criteria approach to internal strategic planning of equity capital, as this approach takes into account the characteristics of each enterprise. The article describes the main criteria of planning and presents a system of planned indicators, which is used to prepare and justify management decisions, as well as the plan objectives are linked to resources and efficiency of their use. Based on the study of scientific works of Russian and foreign scientists, it is found that a multi-criteria approach to internal strategic planning of the industrial enterprise's own capital is the most relevant in the conditions of the introduction of the digital economy in the activities of large companies. Special attention in the scientific article is given to problems justify the selection of approaches to intra-firm strategic planning, private capital and industrial companies. The article considers both basic theoretical approaches and innovative approaches, and the analysis of the researchers' views on the problem of applying approaches to corporate strategic planning of own capital by industrial enterprises. As research tasks, the authors determined the directions of selection of criteria for evaluation of internal planning of own capital by industrial enterprises. The object of the study, in this work, are the industrial enterprises of the Russian Federation, which, in the present period of time, are adapting to the new conditions of functioning, within the framework of the concept "industry 4.0". The subject of the research is scientific approaches to internal strategic planning of the industrial enterprise's own capital. Article research, it is theoretical, in this connection, the following methods of scientific knowledge materials: deduction, synthesis, etc. In the conclusion the authors come to the conclusion that the scientific approaches to intra-firm strategic planning, private capital should be developed, as there is a digital transformation of key processes within all major industrial enterprises. Since digitalization, today, touched all stages of production of finished products, transport logistics and other areas of industrial production.

Keywords: intrafirm planning, equity capital, industrial enterprises, planning criteria, planning indicators

Для цитирования

Пономарева С.В., Железнова И.В. Научное обоснование системы многокритериального подхода к внутрифирменному стратегическому планированию собственного капитала промышленных предприятий // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 431–441. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-431-441

For citation

Ponomareva S.V., Zheleznov I.V. Scientific substantiation of the multi-criteria approach system to intrafirm strategic planning of equity capital on the industrial enterprises. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 431–441. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-431-441

Введение

На сегодняшний день значение планирования на предприятии невозможно недооценить. Планирование работы предприятия даёт возможность наилучшим образом оценить шансы на успех, избежать коммерческого провала, взглянуть на предприятие со стороны, анализируя его сильные и слабые стороны, поэтому на сегодняшний день тема является актуальной.

Цель работы – на основе имеющихся подходов к внутрифирменному стратегическому планированию предложить авторский подход: систему многокритериального подхода к стратегическому планированию собственного капитала промышленных предприятий.

Основная гипотеза исследования заключается в том, что многообразие существующих подходов к планированию не является достаточно гибким и адаптивным к постоянно меняющейся конъюнктуре рынка и количеству принадлежащих предприятию ресурсов, не охватывает все возможные риски при формировании сценариев будущей деятельности, поэтому необходим новый подход, который бы позволил предприятию выйти на новый уровень развития.

Тема научной статьи достаточно подробно изучена в трудах зарубежных ученых, среди которых целесообразно выделить: Shujiro Urata, Toshiyuki Matsuura, Yuhong Wei [5], Natalia Ramondo, Veronica Rappoport, Kim J. Ruhl [3] и др. [2]. Среди российских авторов занимающихся этой проблематикой целесообразно выделить Г.Б. Клейнера [1].

Подходы к стратегическому планированию

Планирование на предприятии также способствует полной занятости ресурсов и достижению максимально возможного объема производства товаров, выполнения работ и оказания услуг.

По типам целей планирование может быть оперативное, тактическое и стратегическое. Оперативное планирование представляет собой краткосрочные цели, которые должны быть достигнуты в пределах года, квартала, месяца или недели. Важную роль в оперативном планировании играют графики работы. Они определяют точное количество времени, необходимое для достижения каждой оперативной цели, которая подчиняется тактическим и стратегическим целям. Оперативное планирование должно быть строго привязано к бюджету для того, чтобы каждый вид деятельности был обеспечен точным объемом необходимых ресурсов.

Тактическое планирование заключается в обосновании необходимых для достижения заранее установленных целей, ресурсов и охватывает краткосрочный и среднесрочный периоды, являясь предметом забот среднего и низшего руководства. Тактические планы разрабатываются в помощь при выполнении крупных стратегических планов и достижению определенной области корпоративной стратегии. В коммерческих организациях тактические планы определяют, что должны делать крупные отделения и структурные единицы для реализации общего стратегического плана.

Стратегические цели определяют, каким предприятие хочет стать в будущем. Стратегические планы определяют последовательность действий, этапы, посредством которых предприятие намерено достичь своих долгосрочных целей. Стратегические планы указывают, как максимально эффективно должны распределяться активы и ресурсы предприятия: денежные, временные, человеческие ресурсы и возможности.

Стратегическое планирование отличается неопределенностью и временной ориентацией, достаточной длительностью рассматриваемого периода. Временная ориентация учитывает в процессе планирования его отношение к прошлому, настоящему и будущему. С точки зрения такой ориентации планирования Р. Акофф [1] выделил 4 типа планирования:

- реактивное (учитывающее только прошлый опыт),
- инактивное (приспосабливающееся только к настоящему),
- преактивное (направленное только в будущее),
- интерактивное (ориентированное на взаимодействие всех лучших идей по данным видам планирования в настоящем, прошлом и будущем).

Сторонники реактивного планирования отрицают все современные достижения, технический прогресс и инновации. Все проблемы исследуются исходя из их возникновения и прошлого развития. Предприятие рассматривается как устойчивая, стабильная система, а модели его развития строятся в виде экстраполяции прошлого опыта, модель основывается на попытках вернуться в прежнее состояние.

Среди достоинств реактивного планирования выделяют использование лучшего из прошлого опыта, сохранение традиций, создающих чувство безопасности у работников. Однако подобное планирование не является гибким и не дает возможность приспособиться к быстро меняющимся внешним условиям.

Инактивное планирование не полагается на прошлый опыт и не стремится к движению вперед, предприятие плывет по течению. Существующие условия признаются вполне приемлемыми. В такой ситуации руководители преследуют цель сохранить «стиль» организации и не допустить никаких изменений, а всё внимание руководства направлено на анализ текущего состояния. Несомненным плюсом инактивного планирования является его осторожность, хотя избегание изменений также не способствует адаптации к быстроменяющимся рыночным условиям и использованию творческого потенциала сотрудников. Таким подходом в основном пользуются государственные предприятия.

Преактивное планирование всегда ориентировано на изменения. Придерживаясь подобного типа планирования, руководители стремятся ускорить изменения, приблизить желаемое будущее. Планирование в этом случае связано не столько с получением прибыли, сколько с выживанием и последующим ростом предприятия. В подобном подходе преобладают принципы ситуационного планирования по целям, использование в деятельности предприятия достижения научно-технического прогресса и инноваций, широко применяются экономико-математические методы планирования. Ключевая роль отводится прогнозам, при этом точности прогнозов придаётся наибольшее значение. Такая модель планирования предоставляет адекватную оценку внешней среды, учитывает внешние факторы и их изменения в процессе планирования, однако, ориентируясь исключительно на будущее, модель не использует в полной мере прошлый опыт.

Главная цель интерактивного планирования – проектирование желаемого состояния предприятия и поиск путей его формирования с ориентацией на прошлое, настоящее и будущее. Акофф указывает, что подобное планирование основано на принципе участия и предполагает мобилизацию творческих способностей всех работников предприятия. Новейшая управленческая парадигма рассматривает интерактивное планирование как наиболее эффективное [6]. Авторами научной статьи также ранее рассматривалось внутрифирменное планирование собственного капитала компании и элементы моделирования [4].

А. Мартынов в своей статье классифицирует основные подходы к планированию деятельности подразделений компании на планирование «сверху», планирование «снизу», и встречное планирование [7].

Планирование «сверху» предполагает авторитарный стиль руководства, при котором руководители составляют планы для подчиненных для обязательного их выполнения. У исполнителей нет права выбора вариантов достижения поставленных целей.

При планировании «снизу» у подразделений наоборот слишком много свобод при распределении приоритетов между задачами. При таком подходе предприятие в целом не может грамотно сбалансировать цели подразделений и выбрать единый вектор развития.

Встречное планирование объединяет преимущества первых двух подходов, дополняя друг друга и устраняя недостатки. Руководство определяет цели, а исполнители сами выбирают пути их достижения. На сегодняшний день именно такой подход является наиболее гибким и оптимальным.

А. Лящук и М. Тихонова [8] в статье «Разнообразие подходов к стратегическому планированию на предприятии» выделяют 3 подхода:

- целевой подход,
- подход, основанный на реализации,
- ресурсный подход.

При целевом подходе к планированию предприятие в первую очередь должно четко определить свои цели, проанализировать внутреннюю и внешнюю среду предприятия, на основе проделанного анализа обосновать прогнозы будущего развития и разработать план действий, которому предприятие будет следовать, осуществляя свою хозяйственную деятельность. Такой подход носит директивный характер, является рациональным и объективным, хотя имеет ряд недоработок. Например, целевой подход предполагает возможности достоверного долгосрочного прогнозирования, а также способности менеджмента предприятия отказаться от краткосрочной выгоды ради долгосрочного преимущества и т. д.

Подход, основанный на реализации, предполагает использование не всегда рациональных и логичных решений ввиду человеческого фактора, поэтому долгосрочный прогноз, стоящий на таких решениях, сложно считать достоверным. Такая концепция подразумевает, что стратегия развивается в процессе деятельности самого предприятия, не планируется заранее и не формируется на основе детального анализа рыночной среды и внутренней конъюнктуры предприятия посредством причинно-следственной связи.

Ресурсный подход к разработке стратегии делает акцент на способах использования ресурсов предприятия. Такой подход подразумевает, что определенные способы, комбинации использования имеющихся ресурсов, способностей, компетенций предоставляют предприятию

конкурентное преимущество. Существенным недостатком этого подхода является то, что очень сложно заранее понять, какие именно комбинации ресурсов, а также методы и способы их использования делают предприятие успешным.

В.К. Кондрашова [4] в своих исследованиях приводит отличие традиционных подходов к развитию теории планирования от современных подходов (таблица 1).

Таблица 1.

Эволюция основных положений планирования

Table 1.

Evolution of the planning framework

Подход Approach	Традиционный Traditional	Современный Modern
1. Планирование служит достижению The planning process contributes to the achievement of	одной цели an objective	Системы целей a system of objective
2. Приоритет целей The priority of objectives is	получение максимально возможной прибыли to receive maximum profit	различные приоритеты different priorities
3. Сложность решаемых проблем Complexity of the problems	простые проблемы simple problems	комплексные проблемы complex problems
4. Альтернативы решений, которые могут быть реализованы Alternative solutions that could be implemented	все известны are known	не все известны are unknown
5. Для множества альтернатив количество переменных Number of variables for many alternatives	всегда определено is always defined	может быть неопределенным may be uncertain
6. Прогноз параметров, необходимых для планирования, может быть Parameters prediction required for planning is	однозначным unambiguous	однозначным и многозначным unambiguous and meaningful
7. Прогноз воздействия альтернатив на цель возможен в виде Prediction of objective impact of alternatives is possible by	определенной величины defined value	определенной и неопределенной величины defined and undefined values
8. Альтернатива считается оптимальной, если она An alternative has considered to be optimum if it	ведет к экстремальному значению цели leads to extreme values	выбирается по принятому принципу решения (при определенном и неопределенном риске) и редко является экстремальной is determined according to decision-making principle with using defined and undefined risk and is rarely being extreme
9. Эффективные методы, ведущие к оптимальному решению An effective methods that could lead to the optimum solution for	всех проблем all problems	определенных проблем certain problems
10. Эвристические приемы, позволяющие с помощью имитации подводить проблемы к оптимальному решению Heuristic methods that leading the question to the optimal solution through imitation	Разрабатываются и не используются are being developed and are being not used	разрабатываются и используются are being developed and used
11. Разработчиком плана является The organiser developer of the plan is	одно лицо a person	группа лиц a group of persons
12. Используемые в планировании принципы Planning has been supported by principles of	централизованного руководства central leadership	демократического руководства democratic leadership
13. Последовательность фаз планирования структурирована Consistency of planning phaseis	однозначно clearly structured	различно variously structured
14. Разработка частных процессов планирования The development of private planning processes	не ограничивается временными рамками is not limited by time frames	требует различных затрат и времени requires various costs and time

А. Кузьмицкая [10] в своем исследовании рассмотрела классификацию подходов к осуществлению планирования по степени активности действий:

- удовлетворенческий;
- адаптационный;
- оптимизационный.

Первый подход к планированию применяется в случае, когда руководство не нацелено на рост предприятия, а ставит основную задачу на выживание и достижение хотя бы незначительного экономического эффекта при ограниченности и невосполнимости ресурсов. Реализация составленных планов происходит механически, с поправкой на происходящие отклонения.

Второй подход ориентирован на разработку надежных, стабильных решений, позволяющих адекватно и быстро реагировать на изменения внутренних и внешних условий, подстраиваясь под их и поддерживая достигнутый уровень эффективности деятельности предприятия.

Результатом использования третьего подхода является оптимизационный план, который ориентирован на достижение цели при максимально эффективном использовании имеющихся ресурсов. Оптимизационный подход применяют предприятия, которые не ограничены в ресурсах.

Ю. Боловинцев [11] изучал стратегическое планирование в организации. В методологическую базу стратегического планирования Ю. Боловинцев включал комплексный и процессный подходы. В рамках комплексного подхода принимаются во внимание все взаимосвязи различных аспектов деятельности предприятия. Комплексный подход является специфической формой реализации системности. Такой подход используется в управлении как способ упорядочения управленческих проблем, их структурирования, определения целей, поиск решений, установление взаимосвязей и зависимостей элементов проблем, факторов и условий, оказывающих воздействие на их решение.

Процессный подход предполагает рассмотрение стратегического управления как последовательность четырех связанных этапов:

1. Стратегический анализ – комплексная диагностика состояния внешней и внутренней среды, долгосрочные прогнозы её динамики.
2. Стратегические альтернативы и цели организации – возможные сценарии развития на основе предполагаемых возможностей и ограничений развития.
3. Стратегическое планирование – вектор управленческой деятельности, направленной на сокращение разрыва между текущим состоянием и желаемой перспективой будущего.

4. Стратегический контроллинг – система мониторинга ключевых показателей реализации стратегии, с целью корректировки при отклонении от плана.

В процессе развития стратегического планирования были сформулированы ещё два подхода к планированию на предприятии: генетический и теологический подходы к планированию [12].

Основателем генетического подхода является Н.Д. Кондратьев. Такой подход основывается на исследовании тенденций и закономерностей явлений в прошлом и предположительное направление изменений в будущем.

Теологический подход опирается на априорно заданные цели и прогнозирует возможные пути их достижения. Наиболее ярким представителем и защитником этого подхода в прогнозировании экономики являлся С.Г. Струмилин.

Подход к планированию «снизу вверх» основан на принципе децентрализации планирования [13]. Ввиду постоянно меняющихся рыночных условий и предпочтений потребителей возникла необходимость в децентрализации функций планирования и передача их руководителям подразделений. Это означает, что цели и производственные планы подразделений должны формироваться самим подразделениями, а центральные отделы должны взять на себя разработку стратегических решений и координацию планов. Такой подход должен привести к тому, что планы будут разрабатываться теми, кто реально отвечает за их выполнение.

Технология планирования включает различные подходы к подготовке планов, из которых наиболее часто употребляются консервативный, технический и адаптивный [9].

При консервативном подходе к планированию исходят из уже сложившихся на предприятии тенденций без учета возможных изменений в экономической ситуации и необходимости повышения эффективности торгового процесса. Это приводит к использованию консервативных планов, закрепляющих устаревшую экономическую политику предприятия как хорошую, так и плохую. При этом формирование планов ведется, как правило, в безальтернативном варианте.

Технический подход предполагает применение преимущественно экономико-математических методов, математических моделей. Такой подход позволяет рассчитать различные варианты планов и выбрать из них оптимальный, однако немного преувеличивает значение технических средств и существующих математических зависимостей в планировании показателей.

Адаптивный подход к планированию основывается на возможности корректировки в случае необходимости, является достаточно гибким, приспосабливается к различным изменениям. Адаптивный подход может быть двух видов: а) пассивный, когда плановые расчеты корректируют после начала влияния какого-либо фактора; б) активный, когда план многом предвидит те или иные изменения факторов внешней и внутренней среды.

Агрегатное планирование изучал А.Н. Салов [15] Агрегатный план является главным инструментом менеджера на пути к оптимизации объемов выпуска продукции. Выходные данные агрегатного плана используются для более детального плана, который принимается за основу для дезагрегирования и используется для планирования работ и материалов. Текущее (агрегатное) планирование связано с определением количества и времени производства в среднесрочные периоды. Агрегатное планирование базируется на прогнозируемом спросе и позволяет оценить требуемые производственные ресурсы и результаты деятельности.

Основные стратегии агрегатного планирования:

1. Управление уровнем запасов (заделов).
2. Варьирование численностью рабочих наймом и увольнением.
3. Варьирование темпов производства путем использования сверхурочного времени или времени простоев.
4. Использование субподряда.
5. Использование временно нанимаемых рабочих.
6. Воздействие на спрос с помощью маркетинговых методов
7. Задержки выполнения заказа в период высокого спроса.
8. Производство разносезонных изделий.

Существуют научные подходы к стратегическому менеджменту и стратегическому планированию, которые определяют эффективность управления на предприятии. [16]

- Системный подход – рассмотрение системы предприятия как совокупности взаимосвязанных элементов, имеющей цель, связь с внешней средой, обратную связь;

- Ситуационный подход – использование методов, отвечающих данной ситуации и наиболее адаптированных к ней;

- Интеграционный подход – нацеленность на исследование и усиление взаимосвязей между отдельными подсистемами и элементами системы менеджмента; между стадиями жизненного цикла объекта управления; между уровнями управления по вертикали; между субъектами управления по горизонтали;

- Маркетинговый подход – ориентация управляющей подсистемы на потребителя;

- Функциональный подход – рассмотрение потребности как совокупности функций, необходимых для ее удовлетворения;

- Динамический подход – рассмотрение объекта управления в диалектическом развитии, в причинно-следственных связях и соподчиненности;

- Воспроизводственный подход – ориентация на постоянное возобновление производства товара для потребностей конкретного рынка с наименьшими совокупными затратами;

- Нормативный подход – установление нормативов управления по всем подсистемам системы менеджмента по важнейшим элементам;

- Количественный подход – переход от качественных оценок к количественным при помощи математических и статистических методов, инженерных расчетов, экспертных оценок, системы баллов;

- Административный подход – регламентация функций, прав, обязанностей, нормативов качества, затрат, продолжительности, элементов системы менеджмента в нормативных актах;

- Поведенческий подход – оказание помощи работнику в осознании его возможностей и способностей на основе применения концепций поведенческих наук.

Среди существующих методов стратегического управления организацией рассмотрим компетентностный подход [17]. Это подход основан на матрицах, отражающих парные взаимосвязи элементов:

- структуры потребительской стоимости и ресурсов,

- ресурсов и способностей,

- способностей и компетенций.

Благодаря аналитическим матрицам и композиционным правилам выявляется иерархия компетенций, стратегий предприятия за счет характера взаимосвязи между имеющимися ресурсами, способностями и компетенцией принимать определенные решения. Подобный метод компетенций в сочетании с системой сбалансированных показателей позволяет выбирать стратегии, в которых предприятие может проявить наивысшую компетенцию и достичь стратегических целей.

Общеметодологический подход к планированию позволяет проникать в суть изучаемых явлений и фактов, относящихся к исследуемым объектам, устанавливать связи между явлениями [18]. Такой подход реализуется на основе использования как общих научных подходов и методов исследования, так и специфических.

Среди общих подходов можно выделить исторический, суть которого заключается в рассмотрении каждого явления во взаимосвязи его исторических форм; системно-структурный предполагает, с одной стороны, рассмотрение экономической системы в качестве динамически развивающегося целого, с другой стороны, разделение системы на составляющие структурные элементы в их взаимодействии.

В основе использования экономико-математического подхода к планированию лежит выявление устойчивых тенденций изменений рыночных процессов в прошлых периодах времени и перенос выявленных зависимостей на будущие временные интервалы [19]. Примером такого подхода являются временные ряды.

Ресурсно-рыночный подход к планированию представляет собой взаимодействие двух противоположных подходов, ведущих к формированию конкурентного преимущества [20]. Рыночный подход определяет стратегию предприятия исходя из структуры рынка, на котором функционирует, и описывается концепцией «рыночная структура – стратегия – результат». Ресурсный подход определяет стратегию исходя из ресурсов организации, которыми располагает, и описывается концепцией «ресурсы – стратегия – результат». В рамках рассматриваемого подхода основной проблемой стратегического планирования является определение важности внутренних и внешних источников конкурентных преимуществ.

С позиции видов деятельности, заключенных в процесс планирования, существуют три концепции планирования: формальное планирование, инкрементальное планирование и системное планирование [21].

Формальное планирование опирается на методологическую строгость, логическую согласованность, ясность и эмпирическую обоснованность. Формальная парадигма предполагает, что исходы будущих событий или известны, или, по меньшей мере, вычислимы в пределах статистических границ ошибки. То есть формальный подход сфокусирован на поиске конкретных решений, а не перспектив. На самом деле планирование происходит в быстроменяющейся среде, где результаты принятых решений редко известны в точности. Кроме того, формальный подход не учитывает человеческий фактор, поэтому такой метод планирования нельзя назвать гибким и адаптивным.

Инкрементальное планирование основывается на качественных рассуждениях для адаптации к существующим условиям. В сравнении с формальным планированием оно выигрывает тем, что учитывает человеческий и политический стороны планирования. Оно допускает, что в жизни не многое можно предсказать заранее,

проблемы не статичны, а динамичны, а значит, не могут быть решены раз и навсегда. Инкрементализм учитывает человеческие суждения, интуицию и знания, полученные из практического опыта, особенно когда объективные данные неполны, ненадежны и не существует адекватных обоснованных теорий для объяснения проблем и поиска решений. Однако в инкрементальном подходе практически отсутствуют тщательно разработанный алгоритм структурирования человеческих взаимодействий, решения проблем и разрешения конфликтов.

Таким образом, применение отдельно взятых формального и инкрементального подходов в планировании не обеспечивает достижение поставленных целей. Объективное развитие выявило необходимость синтеза этих двух направлений, выразившемся в разработке системного подхода к планированию.

Системное планирование обосновывает более широкий подход, при котором основной акцент делается на создание альтернативных сценариев будущего, опирающиеся на настоящие действия и процессы, а не простое приспособление к тому, что принесет будущее. В то время как формальное планирование фокусируется на прагматичном предсказании, а инкрементальное – на поведенческих реакциях, при системном планировании стремятся способствовать взаимодействию с внешней средой, принимая во внимание непредсказуемость будущего.

Для более гибкого планирования предприятия стали использовать сценарное планирование [22]. Сценарий – это тщательно продуманный ответ на вопрос: «Что случится, если...?». То есть сценарий отличается и от прогноза, и от видения, которые имеют тенденцию скрывать риски. Сценарий дает возможность управлять рисками.

Сценарное планирование представляет собой методику планирования, применяемую в условиях неопределенности будущей бизнес среды. В отличие от традиционного планирования сценарное планирование рассматривает динамические, возникающие структуры, при которых будущее является смыслом существования настоящего, а картина будущего представляется многосложной и неопределенной. Сценарное планирование не дает одного единственного ответа о будущем. Поэтому оно не гарантирует надежности, которая часто необходима в принятии решений.

Сценарное планирование не согласуется с принципом простоты управления, который гласит, что на каждый вопрос есть только один правильный ответ, что каждую проблему можно разделить на части, каждую из которых можно решить по отдельности. Сценарное планирование представляет собой более

целостный, или системный, подход к планированию, нежели традиционные методы.

Рассмотренные подходы к планированию имеют как сильные, так и слабые стороны, дополняют и противоречат друг другу, поэтому для эффективного стратегического планирования на предприятии необходимо разработать индивидуальный подход, учитывающий ряд критериев, которые являются ключевыми для каждого предприятия. К рассмотрению предлагается многокритериальный подход.

Многокритериальный подход к стратегическому планированию

В экономической литературе, посвященной оценке эффективности принимаемых решений, рассматриваются два вида задач [23]:

- выбор эффективных решений с помощью единственного критерия;
- определение предпочтительных решений путем использования нескольких критериев.

Однокритериальный подход, не смотря на его ограниченность, находит применение, как в зарубежной, так и в отечественной практике. В ряде случаев данный подход используется при решении экономических задач «при прочих равных условиях», то есть когда сравниваемые альтернативы имеют различие только по одному из критериев. На практике данное условие выполняется редко, поэтому для повышения объективности принимаемых стратегических решений следует использовать многокритериальный подход, основывающийся на совокупности показателей.

Среди критериев по планированию собственного капитала на промышленном предприятии можно выделить:

1. объективность – беспристрастность, отсутствие личной заинтересованности в принятии решений руководителями, адекватная оценка рыночной конъюнктуры и имеющихся ресурсов предприятия;

2. субъективность – выражение разных точек зрения на сложившуюся ситуацию, обсуждение различных мнений нескольких руководителей по текущей обстановке, что позволяет рассмотреть вопрос с разных углов и обсудить все возможные риски в условиях неопределенности, учесть их при принятии решений;

3. ясность – определенность в принятии решений, уверенность в том, что все руководители отчетливо представляют конечную цель планирования собственного капитала и идут к ней;

4. очевидность – бесспорность, понятность принимаемых решений руководством предприятия, ведущих к заранее определенной цели при планировании собственного капитала на предприятии;

5. общезначимость – истинность конечной цели при любой интерпретации принимаемых для её достижения решений при планировании собственного капитала промышленных предприятий;

6. эффективность системы показателей – всесторонняя оценка использования всех ресурсов предприятия, необходимая для принятия решений о корректировке плана при необходимости;

7. актуальность – важность принимаемого решения на текущий момент, поскольку как внешняя среда постоянно подвержена изменениями, так и ресурсы предприятия не статичны, а динамичны, следовательно, проблемы, возникающие на предприятии, не могут быть решены раз и навсегда. Все вопросы требуют постоянной проверки на предмет их актуальности;

8. гибкость – способность к быстрой адаптации планов и принимаемых решений в области планирования собственного капитала к меняющимся как внешним, так и внутренним условиям;

9. компетентность – наличие знаний и опыта руководителей в области планирования собственного капитала для эффективной деятельности промышленных предприятий;

10. профессионализм – высокое мастерство, особая способность руководства трезво оценивать ситуацию, систематически эффективно и надежно принимать решения и рационально планировать собственный капитал как в краткосрочном, так и в долгосрочном диапазоне в условиях неопределенности и многовариативности будущего;

11. новизна – поиск новых путей при принятии решений в области планирования собственного капитала промышленных предприятий, которая может привести к наиболее оптимальному использованию имеющихся ресурсов или вывести деятельность компании на качественно новый уровень;

12. оригинальность – применение индивидуального подхода к поиску решений в области планирования собственного капитала промышленных предприятий

13. логичность – наличие причинно-следственных связей в принятии решений, их согласованности при планировании собственного капитала промышленных предприятий;

14. практичность / выполнимость – принимаемые решения должны приносить реальные результаты, не оставаться в форме идей;

15. практическая значимость – ценность результатов принятия решений в области планирования собственного капитала для промышленного предприятия;

16. полезность – решения в области планирования собственного капитала должны удовлетворять потребность предприятия в максимизации прибыли и максимизации благосостояния собственников;

17. качество воплощения – степень соответствие результата планирования собственного капитала ожиданиям руководства;

18. аргументированность предлагаемых решений – обоснованность и убедительность решений при планировании собственного капитала;

19. полнота использования исходных данных – использование максимального количества источников информации в процессе планирования собственного капитала, количественные и качественные данные: репрезентативная выборка финансовых показателей, анкетирование и т. д.;

20. всесторонний анализ – использование различных инструментов для планирования собственного капитала: эконометрический анализ, событийный анализ, проведение опросов, факторный анализ и т. д.;

21. предвидение будущего – способность руководства учесть возможные риски и составить сценарий будущих событий таким образом, чтобы обойти их при планировании собственного капитала;

22. системность – упорядоченность охваченных методик, подходов, критериев и их взаимосвязей в единый процесс планирования для достижения заранее определенного результата;

23. возможность многократного повторения результатов – возможность повторного использования разработанной модели планирования собственного капитала при совпадении ключевых исходных условий, чтобы прийти к требуемому результату.

Наиболее значимыми из всех перечисленных критериев являются критерий гибкости, актуальности, практической значимости, новизны и предвидения будущего. Именно эти критерии позволят предприятию максимально использовать свой потенциал в постоянно меняющихся внешних условиях, подстроиться под него, учесть все риски и выйти на новый уровень развития.

Система плановых показателей

Для принятия решений в области планирования собственного капитала промышленных предприятий необходимо разработать систему плановых показателей:

1. количественные – число акций в обращении, численность рабочих и т. д. и делятся на:

- объемы (моментные показатели, т. е. на определенную дату) – запас продукции, стоимость основных фондов;

- потоки (интервальные показатели, т. е. «объем / время») – годовой объем продукции, суточный выпуск продукции, мощность электростанции;

2. качественные – кредитный рейтинг, рентабельность производства;

3. абсолютные – прибыль, долгосрочные обязательства;

4. относительные – прибыль на акцию, финансовый леверидж;

5. натуральные – дебит скважины, протяженность трубопроводов;

6. трудовые – численность персонала, производительность труда;

7. стоимостные – себестоимость продукции, прибыль;

8. утверждаемые – величины, устанавливающие достижение выполнения обязательного задания, определяющего основные результаты деятельности предприятия в планируемом периоде;

9. индикативные – величины, отражающие эволюцию прогнозируемого развития предприятия;

10. расчетные – удельные показатели, например, стоимость 1 м³ отсыпки кустовых оснований, стоимость транспортировки на 1 км;

11. отчетные – экономические величины, характеризующие результаты хозяйственной и финансовой деятельности за отчетный период (годовой, квартальный, месячный и т. д.);

12. текущие – экономические величины, характеризующие состояние, результаты хозяйственной и финансовой деятельности в текущий период (годовой, квартальный, месячный и т. д.);

13. плановые – экономические величины, устанавливающие на основе совокупности целевых пропорций количественные параметры функционирования и развития экономического объекта на плановый период;

14. технические – габариты, производительность, срок службы;

15. экономические – выручка, себестоимость продукции;

16. технико-экономические – качество выпускаемой продукции, эффективность производства;

17. организационные – загруженность производственных мощностей, уровень автоматизации;

18. социальные – квалификация работников, общеобразовательный уровень работающих, условия жилищного и бытового обслуживания.

Заключение

Изучив основные подходы к планированию, существующие в отечественной и зарубежной практике, было выявлено, что эти подходы не являются достаточно гибкими и адаптивными к постоянно меняющимся внешним и внутренним условиям, они не охватывают все

возможные риски при формировании сценариев будущей деятельности предприятия. Многокритериальный подход к стратегическому планированию собственного капитала позволяет предприятию выйти на новый уровень развития, так как основывается на индивидуальности каждого предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1 Kleiner G.B. Institutional Aspects of the Reforming of Russian Industrial Enterprises. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/ie/industry/documents/klien-e.pdf>.

2 Intrafirm planning in the enterprise. URL: <https://hoboetc.com/biznes/1947-vnutrifirmnoe-planirovanie-na-predpriyatii.html>.

3 Ramondo N., Rappoport V., Ruhl K. J. Intrafirm Trade and Vertical Fragmentation in U.S. Multinational Corporations. URL: <http://eprints.lse.ac.uk/63831/1/dp1371.pdf>.

4 Ponomareva S.V., Zheleznova I.V. Intrafirm planning and mathematical modeling of owner's equity in industrial enterprises // International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics. Conf. Series 1015(2018) 032106 doi:10.1088/1742-6596/1015/3/032106.

5 Urata S., Matsuura T., Wei Y. February 2006. International Intrafirm Transfer of Management Technology by Japanese Multinational Corporations. URL: <https://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/06e006.pdf>.

6 Акофф Р. Планирование будущего корпорации. М.: Сирин, 2002. 256 с.

7 Мартынов А. Подходы к планированию деятельности подразделений компании. URL: http://www.smartcons.org/likbez/Planirovanie_podrazdeleniy/

8 Ляшук А., Тихонова М. Разнообразие подходов к стратегическому планированию на предприятии // Управление экономическими системами Электронный журнал. URL: <http://uecs.ru/uecs-106-1062017/item/4681-2017-12-12-09-18-51>

9 Кондрашова В.К., Степанова Г.Н., Павлова Г.В. Планирование на предприятии (теоретические и методологические основы). URL: <http://hi-edu.ru/e-books/xbook458/01/part-003.htm>

10 Кузьмицкая А.А., Организация системы планирования на предприятии // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2014. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-sistemy-planirovaniya-na-predpriyatii>

11 Боловинцев Ю.А. Теоретико-методологические подходы к стратегическому планированию деятельности организаций // Российское предпринимательство. 2013. № 23 (245). URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/teoretiko-metodologicheskie-podhody-k-strategicheskomu-planirovaniyu-deyatelnosti-organizatsiy>

12 Кошкарлов А.В. Теоретические аспекты моделирования и прогнозирования экономической динамики региона на основе ограниченного массива статистических данных // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2012. №1 URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/teoreticheskie-aspekty-modelirovaniya-i-prognozirovaniya-ekonomicheskoy-dinamiki-regiona-na-osnove-ogranichenogo-massiva>

13 Стрелалова Н.Д. Бизнес-планирование. СПб.: Питер: 2013, 352 с.

В целом система показателей зависит от сложности целей и задач, которые решаются при разработке плана. Проблема адекватности показателей особенностям отдельных этапов реформирования хозяйственной системы является одной из самых сложных методологических проблем.

14 Соломатина А.Н. Экономика и организация деятельности торгового предприятия. М.: ИНФРА-М, 2000. 295 с. URL: http://interservis.info/lib/i3/2_1.html

15 Салов А.Н. Производственный менеджмент. Практикум. Владивосток: Издательство ВГУЭС. 2010, 96 с.

16 Степанова Г.Н. Стратегический менеджмент. Планирование на предприятии. М.: Издательство МГУП, 2001. 136 с. URL: <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook097/01/part-002.htm>

17 Торопова Н.А., Алексеева Н.А. Компетентностный подход в стратегическом планировании деятельности ВУЗа // Вестник Удмуртского университета. 2012. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/kompetentnostnyy-podhod-v-strategicheskom-planirovanii-deyatelnosti-vuza>

18 Степочкина Е.А. Планирование и прогнозирование в условиях рынка. М.: Директ-Медиа, 2014. 236 с.

19 Вовненко Г.И. Анализ в системе бизнес-планирования. Ярославль: ЯрГУ, 2013. 144 с.

20 Попович А.М., Антонова Е.В., Люфт С.А. Ресурсно-рыночный подход в стратегическом планировании предприятия // Вестник Омского университета. 2013. № 3. С. 198–205. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/resurno-rynochnyy-podhod-v-strategicheskom-planirovanii-predpriyatya>

21 Планирование как фактор успешной предпринимательской деятельности. URL: <http://www.econbook.ru/business/planning/as-factor-in-successful-business>

22 Линдгрэн М., Бандхольд Х. Сценарное планирование и его особенности. URL: <https://www.cfin.ru/management/strategy/plan/scenario.shtml>

23 Таскина Л.А., Юрлов Ф.Ф., Корнилов Д.А., Сидоренко Ю.А. Обоснование необходимости многокритериального подхода к выбору эффективных решений при стратегическом планировании и управлении // Вестник Нижегородского университета им. Лобачевского. 2012. № 2 (1). С. 270–273. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/obosnovanie-neobhodimosti-mnogokriterialnogo-podhoda-k-vyboru-effektivnyh-resheniy-pri-strategicheskom-planirovanii-i-upravlenii>

REFERENCES

1 Kleiner G.B. Institutional Aspects of the Reforming of Russian Industrial Enterprises. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/ie/industry/documents/klien-e.pdf>.

2 Intrafirm planning in the enterprise. URL: <https://hoboetc.com/biznes/1947-vnutrifirmnoe-planirovanie-na-predpriyatii.html>.

3 Ramondo N., Rappoport V., Ruhl K. J. Intrafirm Trade and Vertical Fragmentation in U.S. Multinational Corporations. URL: <http://eprints.lse.ac.uk/63831/1/dp1371.pdf>.

4 Ponomareva S.V., Zheleznova I.V. Intrafirm planning and mathematical modeling of owner's equity in industrial enterprises // International Conference Information Technologies in Business and Industry 2018. IOP Publishing. IOP Conf. Series: Journal of Physics. Conf. Series 1015(2018) 032106 doi:10.1088/1742-6596/1015/3/032106.

5 Urata S., Matsuura T., Wei Y. February 2006. International Intrafirm Transfer of Management Technology by Japanese Multinational Corporations. URL: <https://www.rieti.go.jp/jp/publications/dp/06e006.pdf>.

6 Akoff R. Planirovanie budushchego korporatsii [Planning for the future of the corporation] Moscow, Sirin, 2002. 256 p. (in Russian)

7 Martynov A. Podkhody k planirovaniu deiatel'nosti podrazdelenii kompanii [Approaches to planning the activities of the company's divisions] Available at: http://www.smartcons.org/likbez/Planirovanie_podrazdeleniy/ (in Russian)

8 Lyashchuk A., Tikhonova M. Diversity of approaches to strategic planning at the enterprise. *Upravlenie ekonomicheskimi sistemami Elektronnyi zhurnal* [Management of economic systems. Electronic Journal]. Available at: <http://uecs.co.uk/uecs/106-1062017/item/4681-2017-12-12-09-18-51> (in Russian)

9 Kondrashova V.K., Stepanova G.N., Pavlova G.V. Planirovanie na predpriatii [Planning at the enterprise (theoretical and methodological basis)] Available at: <http://hi-edu.ru/e-books/xbook458/01/part003.htm> (in Russian)

10 Kuzmitskaya A.A. Organization of a planning system at an enterprise. *Vestnik Brianskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii* [Bulletin of the Bryansk State Agricultural Academy] 2014. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsiya-sistemy-planirovaniya-na-predpriatii> (in Russian)

11 Bolovintsev Yu.A. Theoretical and methodological approaches to strategic planning of organizations' activity. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo* [Journal of Russian Entrepreneurship] 2013. no. 23 (245). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/teoretiko-metodologicheskie-podhody-k-strategicheskomu-planirovaniyu-deyatelnosti-organizatsiy> (in Russian)

12 Koshkarov A.V. Theoretical aspects of modeling and forecasting the economic dynamics of the region on the basis of a limited array of statistical data. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta Seriya Upravlenie vychislitel'naiia tekhnika i informatika* [Bulletin of the Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics] 2012. no.1. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/teoreticheskie-aspekty-modelirovaniya-i-prognozirovaniya-ekonomicheskoy-dinamiki-regiona-na-osnove-ogranichennogo-massiva> (in Russian)

13 Strekalova N.D. Biznes-planirovanie [Business planning] St. Petersburg, 2013, 352 p. (in Russian)

14 Solomatina A.N. Ekonomika i organizatsiia deiatel'nosti torgovogo predpriatii [Economics and organization of activities of a trading enterprise] Moscow, INFRA

M, 2000. 295 p. Available at: http://interservis.info/lib/i3/2_1.html (in Russian)

15 Salov A.N. Proizvodstvennyi menedzhment Praktikum [Production management. Workshop] Vladivostok: Publishing house of VSUES. 2010, 96 p. (in Russian)

16 Stepanova G.N. Strategicheskii menedzhment Planirovanie na predpriatii [Strategic management. Planning at the enterprise] Moscow, Publishing House MGUP, 2001. 136 p. Available at: <http://www.hi-edu.ru/e-books/xbook097/01/part002.htm> (in Russian)

17 Toropova N.A., Alekseeva N.A. Competence approach in strategic planning of the university activity. *Vestnik udmurtskogo universiteta* [Bulletin of the Udmurt University] 2012. no. 2. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/kompetentnostnyy-podhod-v-strategicheskom-planirovanii-deyatelnosti-vuza> (in Russian)

18 Stepochkina E.A. Planirovanie i prognozirovanie v usloviakh rynka [Planning and forecasting in a market environment] Moscow, Direct Media, 2014. 236 p. (in Russian)

19 Vovnenko G.I. Analiz v sisteme biznes-planirovaniia [Analysis in the system of business planning] Yaroslavl: YarSU, 2013. 144 p. (in Russian)

20 Popovich A.M., Antonova E.V., Luft S.A. Resource-market approach in strategic planning of the enterprise. *Vestnik Omskogo universiteta* [Bulletin of Omsk University] 2013. no. 3. pp. 198-205. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/resursno-rynochnyy-podhod-v-strategicheskom-planirovanii-predpriatii> (in Russian)

21 Planirovanie kak faktor uspešnoi predprinimatelskoi deiatel'nosti [Planning as a factor of successful entrepreneurial activity] Available at: <http://www.econbook.ru/business/planning/as-factor-in-successful-business> (in Russian)

22 Lindgren M., Bandhold H. Stsenarnoe planirovanie i ego osobennosti [Scenario planning and its features] Available at: <https://www.cfin.ru/management/strategy/plan/scenario.shtml> (in Russian)

23 Taskina LA, Yurlov FF, Kornilov DA, Sidorenko Yu.A. Substantiation of the need for a multi-criteria approach to the selection of effective solutions for strategic planning and management. *Vestnik Nizhegorodskogo Universiteta im. Lobachevskogo*. [Bulletin of the Lobachevsky University of Nizhny Novgorod] 2012. no. 2 (1). pp. 270-273. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/v/obosnovanie-neobhodimosti-mnogokriterialnogo-podhoda-k-vyboru-effektivnyh-resheniy-pri-strategicheskom-planirovanii-i-upravlenii> (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Светлана В. Пономарева к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления промышленным производством, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия, psvpon@mail.ru

Ирина В. Железнова аспирант, кафедра экономики и управления промышленным производством, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия, honey1805@yandex.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Светлана В. Пономарева консультация в ходе исследования
Ирина В. Железнова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, несет ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 26.02.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Svetlana V. Ponomareva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, psvpon@mail.ru

Irina V. Zheleznova graduate student, Economics and management of industrial production department, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, honey1805@yandex.ru

CONTRIBUTION

Svetlana V. Ponomareva consultation during the study
Irina V. Zheleznova review of the literature on an investigated problem, take responsibility for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 2.26.2018

ACCEPTED 4.18.2018

Ключевые направления обеспечения устойчивого развития предпринимательства в лесном секторе экономики

Виктория В. Григорьева¹ vickierus@mail.ru
Юлия М. Соколинская¹ misterias@mail.ru

¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Значительная роль малого предпринимательства в развитии национальной экономики, проявляется не только в обеспечении развития ее отдельных сфер деятельности, но и в историческом, правовом и экономическом аспектах. История становления национальных экономик показывает, что развитие экономики стран, признанных высокоразвитыми, проходило с существенным экономическим ростом доли малого бизнеса, который является основой экономики. Сегодня базой для роста социально-экономических показателей экономик развитых стран являются предприниматели. Малый бизнес позволяет создать равновесные условия в России для интеграции в развивающуюся во всем мире виртуальную экономику. Это связано с тем, что в кризисных условиях функционирования малый бизнес старается наиболее эффективным образом использовать реальные и инновационные средства для развития, что может привлечь крупные стартовые инвестиции для развития виртуальной экономики. В настоящее время обеспечение повышения экономической устойчивости выступает одной из ключевых составляющих развития национальной экономики. И в этой связи следует отметить, что малое предпринимательство играет ключевую роль и в обеспечении экономической устойчивости. Особый интерес представляет не все малое предпринимательство в целом, а в определенных секторах экономики, играющих стратегически важную роль в обеспечении устойчивого и сбалансированного развития национального хозяйства.

Ключевые слова: предпринимательство, лесной сектор экономики, экономическая безопасность, экономические показатели, государственное регулирование, направления развития

Key directions of sustainable development of entrepreneurship in the forest sector of economics

Viktoriya V. Grigor'eva¹ vickierus@mail.ru
Yuliya M. Sokolinskaya¹ misterias@mail.ru

¹ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The significant role of small business in the development of the national economy is manifested not only in ensuring the development of its separate spheres of activity, but also in the historical, legal and economic aspects. The history of the formation of national economies shows that the development of the economies of countries recognized as highly developed was accompanied by a significant economic growth in the share of small business, which is the basis of the economy. Today, the basis for the growth of socio-economic indicators of the economies of developed countries are entrepreneurs. Small business makes it possible to create equilibrium conditions in Russia for integration into a virtual economy that is developing all over the world. This is due to the fact that in crisis conditions of functioning small business tries to make the most effective use of real and innovative means for development, which can attract large initial investments for the development of the virtual economy. At present, ensuring economic stability is one of the key components of the development of the national economy. And in this connection it should be noted that small business plays a key role in ensuring economic sustainability. Of particular interest is not all small entrepreneurship in general, but in certain sectors of the economy that play a strategically important role in ensuring a stable and balanced development of the national economy.

Keywords: entrepreneurship, the forest sector of the economy, economic security, economic indicators, state regulation, development trends

Введение

Несмотря на то, что наибольший объем среди структур малого и среднего предпринимательства и по России, и в ее отдельных регионах, занимают структуры, функционирующие в сфере торговли и в обслуживании, но, стратегически важным сектором экономики России выступает лесной сектор экономики или лесное хозяйство.

В этой связи особое внимание будет уделено развитию малого и среднего предпринимательства в лесном секторе экономики.

Лесной сектор страны сегодня не является приоритетом национальной экономической политики, несмотря на то, что в России находится более 20% запасов мировых леса. Лесные массивами занято более половины регионов страны, однако долевое участие лесного сектора в валовом внутреннем продукте (ВВП) составляет чуть более 1,0%, в промышленной продукции – 3,7%, а в экспортной валютной выручке страны – 2,4%. Это подтверждает вывод о том, что значительные лесные ресурсы страны используются плохо.

Для цитирования

Григорьева В.В., Соколинская Ю.А. Ключевые направления обеспечения устойчивого развития предпринимательства в лесном секторе экономики // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 442–448. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-442-1

For citation

Grigorieva V.V., Sokolinskaya Yu.M. Key directions of sustainable development of entrepreneurship in the forest sector of economics. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 442–448. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-442-1

Общая площадь, занятая лесными ресурсами, на Земле практически достигает 40 млн. км². Россия, являющаяся крупнейшей лесной державой, располагает почти 1/4 всех лесных ресурсов планеты. Но Россия не только занимает первое место в мире по площади лесов, но и также по объему запасов древесины (83 млрд м³) [1], ежегодным объемам ее заготовки (197 млн. м³).

Общая площадь лесного фонда и лесов, не входящих в лесной фонд составляет 1181,9 млн гас запасом древесины 83,3 млрд м³.

Накопленные в России запасы лесных ресурсов при их бережном и рациональном использовании создадут возможности для обеспечения не просто текущих и перспективных внутренних потребностей экономики страны в древесине и продуктах ее переработки, но и позволят значительно расширить экспорт результатов переработки лесных ресурсов.

Действующим Лесным кодексом определены формы использования лесных ресурсов, которые определяются в качестве предпринимательской деятельности, а также раскрыто содержание каждого из таких форм предпринимательской деятельности. Лесной кодекс предопределяет, что представленные формы деятельности могут осуществляться на основании заключения договоров аренды лесных участков.

Тем не менее, значение малого предпринимательства в лесном хозяйстве для лесного сектора и экономики страны в целом вряд ли можно переоценить, это и рабочие места, диверсифицированный ассортимент продукции и услуг, уменьшение социальной напряженности в лесных поселках, увеличение налоговых и неналоговых поступлений в бюджеты различных уровней, инновации и мобильность. Однако в российском лесном секторе существует множество факторов, сдерживающих функционирование и рост числа предприятий малого предпринимательства.

Говоря о предпринимательстве в лесном секторе, следует отметить, что реформирование экономических отношений, закрепленное Лесным кодексом 2006 года, по нашему убеждению во многом способствовало возрастанию роли малого предпринимательства в системе лесного хозяйства.

Более того, введение в действие Лесного Кодекса и последующее разделение производственной и управленческой функций в системе лесного хозяйства, было направлено на стимулирование развития предпринимательства непосредственно путем декларирования видов

лесоиспользования в качестве предпринимательской деятельности. Изменения в главный отраслевой закон призваны привлечь малый и средний бизнес в сферу лесного комплекса. В соответствии с принятыми в 2015 году изменениями в Лесной кодекс, предприятия микро, малого и среднего предпринимательства могут участвовать в заготовке древесины на основании договоров купли-продажи лесных насаждений, заключенных по результатам аукциона. Кроме того, новый закон освобождает компании малого и среднего предпринимательства от проведения лесохозяйственных мероприятий на лесных участках.

Субъектами малого предпринимательства в лесном секторе, как и в целом в национальной экономике, являются микро-, малые и средние предприятия, юридические лица и лица, занимающиеся предпринимательской деятельностью без образования юридического лица и внесенные в единый государственный реестр. Объектами малого предпринимательства в лесном секторе являются в соответствии со ст. 25 Лесного кодекса РФ один или несколько видов разрешенных лесопользований реализуемых на условиях аренды участков лесного фонда.

Основная часть

В настоящее время законодательно установлены 16 видов использования лесов, основным является заготовка древесины. Так, к формам предпринимательской деятельности, связанной с использованием лесных ресурсов относят [2]:

- заготовку древесины (ст. 29 ЛК РФ);
- заготовку живицы (ст. 31 ЛК РФ);
- сбор и заготовку недревесных лесных ресурсов (ст. 32 ЛК РФ);
- заготовку пищевых лесных ресурсов и лекарственных растений (ст. 34 ЛК РФ);
- использование лесных массивов для ведения охотничьего хозяйства, осуществления рекреационной деятельности (ст. 36 ЛК РФ);
- создание лесных плантаций и их эксплуатация (ст. 42 ЛК РФ).
- ведения сельского хозяйства;
- выращивания лесных плодовых, ягодных, декоративных растений, лекарственных растений, выращивания посадочного материала лесных растений (саженцев, семян);
- выполнения работ по геологическому изучению недр, разработке месторождений полезных ископаемых;
- строительство, реконструкция, эксплуатация линейных объектов;
- переработка древесины и иных лесных ресурсов.

В целях повышения доходов предпринимательской деятельности допускается многоцелевое использование лесов, т. е. возможность сочетания различных видов использования лесов.

Виды использования лесов определяются целевым назначением лесов. При этом, возможность использования лесного участка из земель лесного фонда для нескольких видов использования лесов законодательно закреплена.

Однако основной формой предпринимательской деятельности остается лесопользование под лесозаготовку. Именно заготовка древесины, как вид лесопользования обеспечивает основную часть лесного дохода страны (рисунок 1) [3].

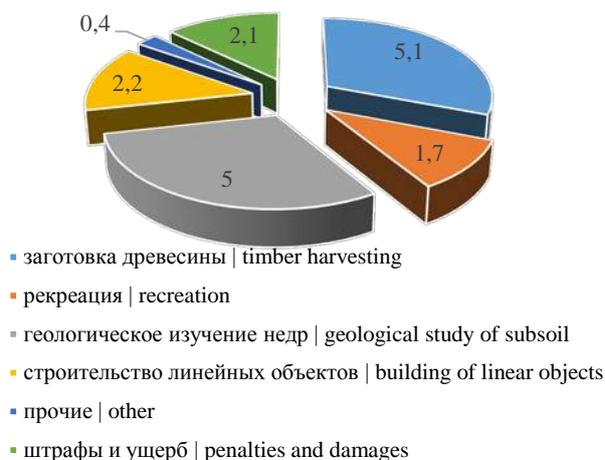


Рисунок 1. Распределение годового дохода по видам использования лесов, 2015 год (млрд руб.)

Figure1. Distribution of annual income by types of forest use, 2015 (billion rubles)

Отметим, что помимо видов использования лесов, установленных 25 статьей Лесного кодекса Российской Федерации, в доходы нами

добавлены поступления от оказания платных услуг, штрафов и иных сумм возмещения ущерба лесам. При этом сумма этих платежей составляет около 8% от общих поступлений.

Из перечисленных в ст. 25 Лесного кодекса РФ шестнадцати видов использования лесов некоторые несовместимы между собой, при этом эффективность предпринимательской деятельности в лесном секторе определяется в первую очередь лесистостью территорий и продуктивностью древесины на арендованном лесном участке.

Если рассмотреть динамику предпринимательских структур по видам лесопользований, то становится понятно, что в аренду под осуществление предпринимательской деятельности передано 37,2% площадей лесного фонда, а основным видом лесопользования остается заготовка древесины. Несмотря на то, что число МСП в лесном секторе Воронежской области растет, так в 2015 году по данным УЛХ Воронежской области с заинтересованными лицами заключено 10 договоров аренды лесных участков для ведения сельского хозяйства, 5 договоров аренды для осуществления рекреационной деятельности, 18 договоров аренды для строительства, реконструкции, эксплуатации линейных объектов, 2 договора аренды для осуществления видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства, 1 договор аренды для выполнения работ по геологическому изучению недр, разработки месторождений полезных ископаемых, и количество арендаторов увеличилось, качественно – исходя из объемов арендованных площадей, изменения в лесопользовании незначительны и увеличились по сравнению с 2014 годом на 0,8% (рисунок 2).

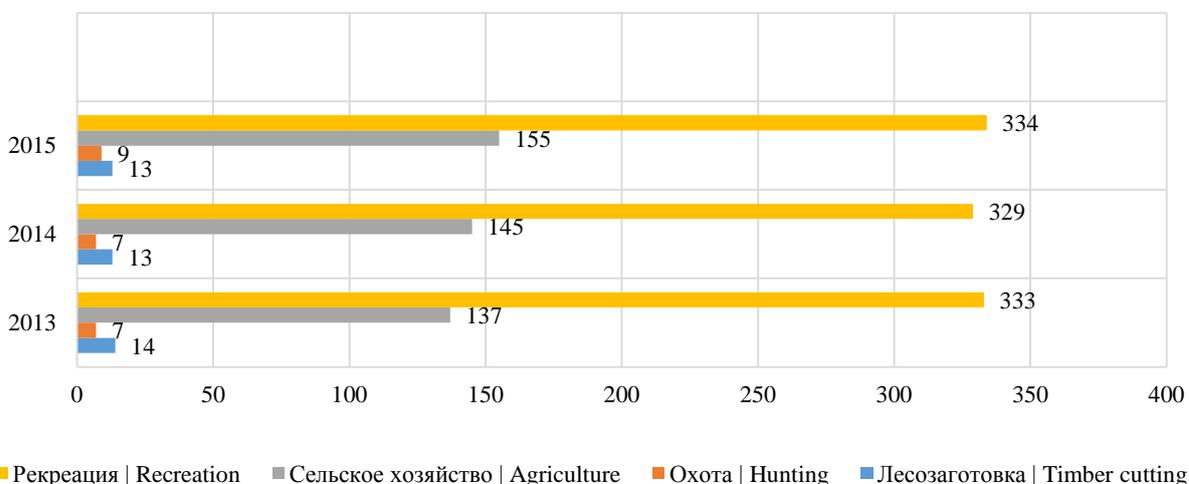


Рисунок 2. Распределение МСП по видам лесопользований в Воронежской области

Figure2. Distribution of SMEs by types of forest management in the Voronezh Region

Аналогичная ситуация складывается и в целом по РФ: общая площадь 74 500 арендованных лесных участков составляет 237,7 млн га, но это только 20% от общей площади земель лесного фонда.

По состоянию на 01.01.2016 в Российской Федерации действовало около 74,8 тыс. договоров аренды, при этом наибольшую площадь лесных участков арендуют с целью заготовки древесины, для использования лесов для осуществления видов деятельности в сферах охотничьего и сельского хозяйств.

В этой связи важным направлением обеспечения устойчивого развития предпринимательства в лесном секторе экономики может стать переход к многоцелевому лесопользованию за счет стимулирования малого бизнеса и снятия избыточных ограничений на лесопользование. Государственная поддержка многоцелевого лесопользования, предполагающего распределение затрат и доходов между экономическими, экологическими и социальными результатами может обеспечить рост предпринимательских доходов, при сохранении социальных функций лесов.

В последние десятилетия ученые и практики лесного хозяйства отмечают значительное ухудшение породного состава и продуктивности лесов. В первую очередь, это произошло из-за того, что российская промышленность потребляет исключительно хвойную древесину. Низкую продуктивность имеют две трети площади лесов России [4]. Доля продуктивных (I–III классы бонитета) спелых и перестойных хвойных древостоев не превышает 16%.

Тогда для устойчивого развития предпринимательства в лесном секторе экономики необходимым условием является повышение продуктивности и улучшение породного состава лесов на землях различного целевого назначения. Сложившаяся экстенсивная форма ведения лесного хозяйства и лесопользования, оказывает негативное влияние на состояние лесов и их продуктивность.

Проведение лесохозяйственных мероприятий в сфере воспроизводства, охраны и защиты лесов, направленных на увеличение ценности лесных ресурсов обеспечат ускорение перехода к интенсивному лесному хозяйству – как наиболее отвечающему росту доходов предпринимательских структур.

Говоря о развитии лесного предпринимательства отметим, что на протяжении 90-х годов в зоне транспортной доступности велось интенсивное, форсированное лесопользование с использованием наиболее дешевых технологий лесовосстановления, основанных на принципе «естественного зарастивания». Однако, лес не

только источник разнообразного природного сырья, но и мощное естественное средство регулирования важных природных процессов, постоянно испытывающее на себе человеческое воздействие (в ряде случаев негативное от выбросов и загрязнения атмосферы до неразумного хозяйствования). Леса представлены разнообразными породами, и по целевому назначению подразделяются на защитные, эксплуатационные и резервные леса, что накладывает отпечаток на осуществление предпринимательской деятельности.

Тогда развитие предпринимательства в лесном хозяйстве должно быть связано с интенсификацией использования и воспроизводства лесов. Стимулирование развития лесной инфраструктуры за счет реализации инвестиционных проектов государственно-частного партнерства как в многолесных, так и малолесных регионах позволит снизить затраты предпринимателей на транспорт и логистику, увеличить предпринимательские доходы за счет комплексного использования лесных ресурсов.

Не менее важным является экономический аспект ведения предпринимательской деятельности в лесном секторе страны.

В соответствии с Лесным кодексом 2006 года в арендуемых лесах основную часть работ по охране и воспроизводству лесов должен выполнять лесозаготовитель за счет получаемой прибыли.

Арендатор лесного участка из своей прибыли обязан:

- строить лесные дороги;
- выполнять работы по охране, защите и воспроизводству лесов;
- вносить в бюджет плату за пользование древесными ресурсами леса.

С.В. Починков считает что, по сути, это тройное налогообложение [5].

И далее ученый отмечает, что в рыночной экономике такая схема реальна, но при одном важном условии: высокой рентной стоимости (доходности) древесных ресурсов леса, превышающей расходы на воспроизводство, охрану и защиту лесов. Тогда часть ренты оставляется пользователю, и он производит все возложенные на него лесохозяйственные работы «за свой счет», а остаток в качестве рентного налога, который можно называть и арендной платой, изымается в бюджеты на общественные нужды [6]. Помимо вышеуказанных затрат и работ в обязанности предпринимателя входит:

- составление проекта освоения лесов;
- осуществление использования лесов в соответствии с проектом освоения лесов и лесохозяйственным регламентом;

- соблюдение условий договора аренды лесного участка;
- осуществление использований лесов способами, предотвращающими возникновение эрозии почв, исключаящими или ограничивающими негативное воздействие на состояние и воспроизводство лесов, а также на состояние водных и других природных объектов;
- соблюдение правил пожарной, санитарной безопасности в лесах, а также правила ухода за лесами (ч. 2 ст. 11 ЛК РФ);
- осуществление в соответствии со ст. 55 ЛК РФ санитарно-оздоровительных мероприятий (вырубку погибших и поврежденных лесных насаждений, очистку лесов от захламления, загрязнения и иного негативного воздействия);
- представление ежегодной лесной декларации (ч. 2 ст. 26 ЛК РФ), а также отчета об использовании лесов (ч. 1 ст. 49 ЛК РФ), отчет об охране и защите лесов в установленном порядке (ч. 1 ст. 60 ЛК РФ);
- предоставление в обязательном порядке документированную информацию, предусмотренную ч. 2 ст. 91 ЛК РФ (Государственный лесной реестр).

В течение этого «долгого» пути частный бизнес постоянно взаимодействует с органами государственной власти субъекта РФ, стремясь получить в эксплуатацию лесные участки на условиях, максимально удовлетворяющих его экономические интересы. Директивное подавление интересов частного предпринимательства при подготовке и заключении договоров аренды лесных участков порождает конфликтные

ситуации во взаимоотношениях между государством и частным предпринимательством, разрешаемые, как правило, через коррупционные правонарушения.

Профессор А.П. Петров [7] считает, что основные коррупционные риски складываются как:

1. Преференции для отдельных случаев доступа физических и юридических лиц к получению прав на использование лесов.

2. Безаукционный доступ к использованию лесов при реализации инвестиционных проектов в области освоения лесов.

3. Неопределенности в оценке предмета аукциона и установлении его начальной цены, а также в понимании термина «продажа прав» на заключение договора аренды лесного участка и договора купли-продажи лесных насаждений» [8].

Все это делает непривлекательным предпринимательскую деятельность в лесном секторе экономики для крупных предприятий и организаций. А монопольное положение бывших лесхозов, преобразованных в государственные коммерческие структуры, сдерживает развитие небольших частных предприятий. Объектами малого предпринимательства являются подряды на лесозаготовку и лесохозяйственные работы, использование недревесных ресурсов леса, рекреация и лесное фермерство. Поэтому в последние годы значительное количество субъектов малого предпринимательства, осуществляющих деятельность в области лесного хозяйства, лесозаготовки и предоставление услуг в этих областях имеет тенденцию к снижению (рисунок 3).

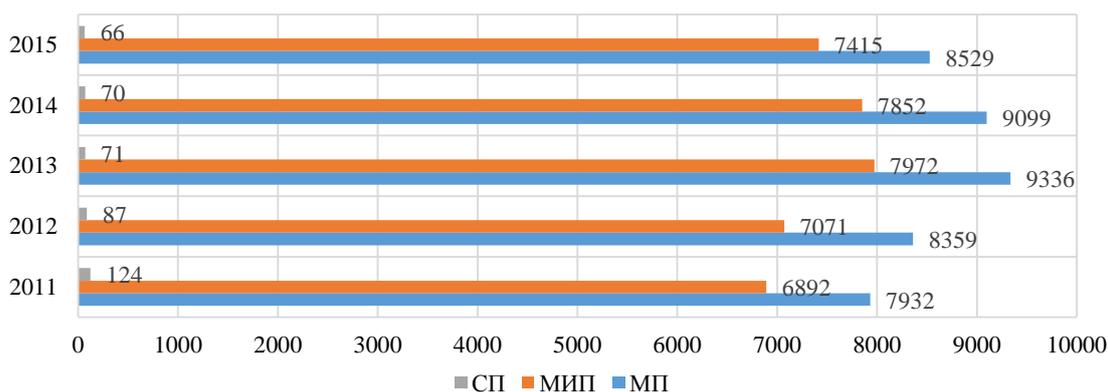


Рисунок 3. Distribution of SMEs by types of forest management in the Voronezh Region...

Figure 3. Dynamics of the number of small, micro and medium-sized enterprises in the sphere of forestry, logging, units.

Для доведения лесохозяйственного производства до уровня, при котором достигается не только экономический, но и экологический эффект, очевидно необходимо на правительственном уровне решить вопрос с субсидированием процентных ставок по лесохозяйственным кредитам.

Более того, необходимо совершенствование системы платежей за пользование лесами. Высокие затраты на выполнение обязательных работ по охране, защите и их воспроизводству лесов, наряду с директивно устанавливаемыми ставками платежей за древесину на корню, не связанными с затратами на воспроизводство

лесов делают лесной бизнес низкопривлекательным, с финансовой точки зрения.

Внедрение в практику финансово-экономических инструментов стимулирования лесовосстановления и лесоразведения опирающихся на единую нормативную базу, регламентирующую затраты и доходы по всему комплексу производств в лесной сфере делают возможным установление объективной платы за лесопользование.

Важный аспект, определяющий развитие и состояние предпринимательства в лесном секторе – социальный.

Говоря о социальном аспекте предпринимательства в лесном секторе, необходимо отметить, специфичную роль леса в удовлетворении социальных, культурных и духовных потребностей общества. Более того. Многоцелевое лесопользование как правило является социальным по своей природе. Доступность ресурсов в рыночной экономике всегда относит их к категории общественных благ, предоставляемых населению бесплатно. В экономической теории такие блага применительно к функциям лесов получили название «неоцениваемые полезности леса» [9].

Только такое фундаментальное экономическое положение должно стать основой формирования лесных отношений при многоцелевом использовании лесов, исключая противоречия и конфликты между экономическими функциями, с одной стороны, социальными и экологическими полезностями леса, с другой стороны.

В тоже время коррупционные издержки государства при аренде лесных участков для осуществления рекреационной деятельности складываются:

— из экономических потерь, из-за разницы в рыночной стоимости земельного участка при возведении на нем объектов недвижимости и существующего размера арендной платы, установленного вне всякой связи с потребительной стоимостью рекреационных услуг;

— социальных потерь из-за вводимых ограничений гражданам свободно и бесплатно пребывать в лесу.

Социальный фактор проявляется в стабильности занятости на работах в лесном фонде, в первую очередь местного населения,

ЛИТЕРАТУРА

1 Финансовые аспекты государственного управления лесами: опыт, практика и пути совершенствования. – Из доклада генерального директора Научно-исследовательского и аналитического центра экономики леса и природопользования Н.А. Петрунина на Международной научно-практической конференции в УГЛТУ. Екатеринбург, 2013.

2 Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 13.07.2015). URL: <http://www.consultant.ru>

в необходимости защиты лесов от пожаров и вредителей леса, самовольных порубов и хищений. Все это требует наличия специализированных органов контроля и надзора в системе лесных отношений, а также организаций, обеспечивающих сохранность и защиту лесных ресурсов.

На наш взгляд, выравнивание бизнес-привлекательности видов лесопользования на региональном уровне может обеспечить развитие малого предпринимательства. Снятие избыточных ограничений на лесопользование под рекреацию на условиях аренды лесных участков, и создание равных условий для предпринимателей, независимо от вида лесопользования и условий аренды лесных участков, дает возможность избежать конфликта между экономическими, экологическими и социальными целями при достижении конечных результатов предпринимательской деятельности.

Заключение

Понятие устойчивого функционирования малого предпринимательства в лесном секторе имеет, по крайней мере, три группы факторов: экономических, экологических и социальных. Они являются вершинами треугольника, обозначающего ресурсную, защитную и социальную функцию лесов. Пренебрежение одной из них разрушит весь треугольник.

Для реализации выявленных направлений обеспечения устойчивого развития предпринимательства в лесном секторе экономики необходимо инкорпорировать меры государственной поддержки малого предпринимательства в программные и стратегические документы управления развитием лесного сектора экономики. В частности, это станет возможным за счет комплексной и последовательной реализации особого набора инструментов государственной поддержки малого предпринимательства и совершенствования лесной политики, принимаемых на уровне Программы развития лесного хозяйства. Государственная поддержка и стимулирование многоцелевого лесопользования могут обеспечить рост предпринимательских доходов при сохранении социальных функций лесов.

3 Федеральное агентство лесного хозяйства. URL: http://www.rosleshoz.gov.ru/activity/finance/stat/37/na_sajt_dohody_final.pdf

4 Доклад о состоянии и использовании лесов российской федерации за 2015 год. URL: http://www.les.tver.ru/novosti/novosti/files/Versiya_svod_Informatciya_o_sostoyanii_i_iskpolyzovanii_lesov_RDV_21_12_2016_D.pdf

5 Починков С. В. Экономические проблемы устойчивого управления лесами в России // Устойчивое лесопользование. 2004. № 1,2.

6 Проблемы российского лесопользования. URL: <http://www.booksite.ru/fulltext/pochin/text.pdf>

7 Петров А.П., Татаркин А.И., Макарова И.В. Методология определения последствий вступления России в ВТО: опыт регионов // Журнал экономической теории. 2013. №3. С.189-196.

8 Петров А.П. Доходность лесного хозяйства устанавливает рынок // Лесное хозяйство. 2012. № 2. С. 25–28.

9 Петров А.П. Экономические отношения в лесном хозяйстве: из прошлого в будущее. URL: <http://vipklh.ru/wp-content/uploads/2016/03/lectures.pdf>

REFERENCES

1 Finansovye aspekty gosudarstvennogo upravleniia lesami opyt praktika i puti sovershenstvovaniia Iz doklada generalnogo direktora Nauchno-issledovatel'skogo i analiticheskogo tsentra ekonomiki lesa i prirodopolzovaniia N A Petrunina na Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v UGLTU [Financial aspects of state forest management: experience, practice and ways of improvement. - From the report of the Director General Of the research and analytical center for forest Economics and environmental management N. Ah. Petrunina At the international scientific-practical conference in UGLTU]. Ekaterinburg, 2013. (in Russian)

2 Lesnoi kodeks Rossiiskoi Federatsii ot 04.12.2006 N 200-FZ [Forest code of the Russian Federation on 04.12.2006 N 200-FZ (as amended on 13.07.2015)]. Available at: <http://www.consultant.ru> (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Виктория В. Григорьева к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, vickierus@mail.ru

Юлия М. Соколинская ст. преподаватель, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, misterias@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Виктория В. Григорьева консультация в ходе исследования
Юлия М. Соколинская написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 14.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 28.04.2018

3 Federalnoe agentstvo lesnogo khoziaistva [Federal forestry Agency]. Available at: http://www.rosleshoz.gov.ru/activity/finance/stat/37/na_sajt_dohody_final.pdf (in Russian)

4 Doklad o sostoianii i ispolzovanii lesov rossiiskoi federatsii za 2015 god [Report on the state and use of forests of the Russian Federation for 2015]. Available at: http://www.les.tver.ru/novosti/novosti/files/Versiya_svod_Informatsiya_o_sostoyanii_i_ispolzovanii_lesov_RDV_21_12_2016_D.pdf (in Russian)

5 Pochinkov S. V. Economic problems of sustainable forest management in Russia. *Ustoichivoe lesopolzovanie* [Sustainable forest management] 2004. no. 1,2. (in Russian)

6 Problemy rossiiskogo lesopolzovaniia [Problems of Russian forest management]. Available at: <http://www.booksite.ru/fulltext/pochin/text.pdf> (in Russian)

7 Petrov A. P., Tatarikin A. I., Makarova I. V. Methodology for determining the consequences of Russia's accession to the WTO: experience of regions. *ZHurnal ekonomicheskoi teorii* [Journal of economic theory]. 2013. no. 3. pp. 189-196. (in Russian)

8 Petrov A. P. Profitability of forestry sets the market. *Lesnoe khoziaistvo* [Forestry]. 2012. no. 2. pp. 25-28. (in Russian)

9 Petrov A. P. Ekonomicheskie otnosheniia v lesnom khoziaistve iz proshlogo v budushchee [Economic relations in forestry: from the past to the future]. Available at: <http://vipklh.ru/wp-content/uploads/2016/03/lectures.pdf> (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Viktoriya V. Grigor'eva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Economic Security and Financial Monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, vickierus@mail.ru

Yuliya M. Sokolinskaya Senior Lecturer, Economic Security and Financial Monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, misterias@mail.ru

CONTRIBUTION

Viktoriya V. Grigor'eva consultation during the study
Yuliya M. Sokolinskaya wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.14.2018

ACCEPTED 4.28.2018

Анализ факторов, формирующих наблюдаемую дифференциацию доходов населения России

Татьяна В. Сабетова¹ tsabetova@mail.ru

Галина Н. Егорова² egorovahp@gmail.com

¹ Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. Статья посвящена вопросу дифференциации доходов населения Российской Федерации и выявлению факторов, ее определяющих. Дифференциация доходов населения отражает как объективно и неизбежно существующие различия между индивидами и группами с точки зрения их участия в общественных процессах, так и усилия государства по обеспечению обоснованного и справедливого распределения национального богатства среди граждан страны. Цель исследования состояла в выявлении динамики коэффициента Джини как общепризнанного индикатора расслоения населения по доходам и анализе факторов, определивших эту динамику. Исследование проводилось на материалах национальной статистики. Авторы выявляют тесную связь между кризисными явлениями в экономике, и особенно спадами в динамике размера среднедушевых доходов населения, и степенью расслоения населения по доходам. Однако вопреки ожиданиям связь выявлена прямая: именно в периоды снижения показателей прироста размера реальных доходов были выявлены периоды снижения коэффициента Джини как признанного индикатора дифференциации доходов. С другой стороны, авторы подчеркивают, что такая связь существует лишь в динамических рядах. При рассмотрении же различий в доходах населения разных регионов в статике никакой корреляции между размерами доходов и степенью расслоения населения не выявлено. По результатам исследования авторы делают выводы о нежелательности резких колебаний в динамике реальных доходов населения и об оправданности усилий федеральных и региональных органов государственной власти, направленных на совершенствование политики доходов.

Ключевые слова: доходы населения, дифференциация доходов, стимулирование труда, коэффициент Джини, прирост доходов

Analysis of the factors forming the observed inequality in the income of population in Russia

Tat'yana V. Sabetova¹ tsabetova@mail.ru

Galina N. Egorova² egorovahp@gmail.com

¹ Voronezh State Agricultural University, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The article considers the problem of population's income inequality in the Russian Federation and detection of the factors affecting it. Population's income differences demonstrate both intrinsic and unavoidable differences among individuals and their groups in terms of their participation in the social processes, and the governmental efforts aimed at reasonable and fair distribution of the national wealth among the citizens. The research objective was to identify the dynamics of the Gini index as acknowledged indicator for population inequality in terms of income and to analyze the factors defining such dynamics. The research was carried out based on the national statistical data. The authors detect close connection between the downturns in economy, especially decrease of the dynamics of average income per capita, and the level of population inequality in terms of income. However, contrary to expectation, the correlation is direct which means that during the periods of slowing of the income growth the values of Gini index being the avowed income inequality indicator also reduced. On the other hand, the authors point out that such connection exists only for time series. While studying the static populations' income differences in various regions no correlation between the income size and difference values was found. Based on the research results the authors draw the conclusion about undesirability of violent fluctuations in the dynamics of the population's effective earnings, as well as about justifiability of the efforts of national and regional authorities aimed at the improvements of the income policy.

Keywords: population's income, income differentiation, labour stimulation, Gini index, income growth

Введение

В экономической науке нередко доходы населения и его материальное благосостояние ассоциируется и даже отождествляется с социальным развитием страны или региона. Доходы населения характеризуют отношения в обществе по поводу формирования, распределения, регулирования создаваемого валового внутреннего продукта между регионами, группами, домохозяйствами, семьями и гражданами.

Говоря о дифференциации доходов, следует учитывать такие важные аспекты, как природно-географические различия стран и регионов, врожденные способности людей, которые могут

различаться в довольно значительной степени, а также компетенции, приобретенные в виде образования, опыта работы и иных видов деятельности. Кроме того, люди могут иметь разную степень мотивированности к деятельности, приносящей доход, могут получать доходы от собственности, заработанной ранее или полученной в наследство. При рассмотрении неравенства в получении доходов нельзя также исключить и благоприятное стечение обстоятельств.

Постановка проблемы

Признавая неизбежный характер разницы в доходах разных групп населения и подчеркивая мотивирующее значение этой разницы для

Для цитирования

Сабетова Т.В. Анализ факторов, формирующих наблюдаемую дифференциацию доходов населения России // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 449–457. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-449-457

For citation

Sabetova T.V. Analysis of the factors forming the observed inequality in the income of population in Russia. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 449–457. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-449-457

роста производительности труда и развития трудового потенциала общества в целом и трудовых компетенций личности в частности, мы все же не можем отрицать негативного влияния чрезмерного расслоения населения по доходам. С другой стороны, у такой дифференциации могут быть и положительные последствия,

и во многом именно от степени расслоения зависит, какие результаты будут преобладать, хотя здесь могут сыграть свою роль и другие факторы (рисунок 1). Рассмотрим влияние степени наблюдаемого расслоения населения по доходам на социально-экономические результаты такого расслоения.



Рисунок 1. Причины и последствия разной степени дифференциации доходов

Figure 1. Causes and consequences of varying degrees of income differentiation

В обществе дифференциация доходов выполняет ту же стимулирующую функцию, которую различия в оплате труда выполняют в рамках организации. Индивид принимает решения: работать или оставаться безработным; получать образование или сразу после школы (обязательная ступень) приступать к трудовой или предпринимательской деятельности; работать хорошо и продвигаться по карьере или спустя рукава и рисковать увольнением; тратить все доходы на потребление или сделать вклад в банк или паевой инвестиционный фонд; работать по найму или открыть свое дело. Кроме того, принимаемые решения могут быть и гораздо более отчаянными. Например, известны случаи, когда ради существенного повышения доходов и наемные работники, и предприниматели шли не только на подкуп, доносительство или шантаж, но даже на убийство. Логично предположить, что ради прибавки в жаловании на более высокой должности в размере 2–3% при росте ответственности и усложнении обязанностей едва ли кто-то захочет такого повышения. От прибавки в 10% едва ли откажутся, но и стараться ради нее не стоит. 20–30% – это уже то, ради чего стоит потрудиться; 50% кому-то могут показаться достаточным поводом для не вполне

этичных действий, например, того, что в народе называют «подсиживанием». А вот если шаг по карьерной лестнице обещает рост доходов в разы или даже десятки раз – будь то в виде зарплаты или каких-либо еще бонусов, связанных с должностью, – то возможны проявления не просто неэтичной, но даже уголовно наказуемой конкуренции.

Конечно, установить точно, какой уровень дифференциации доходов приведет население к апатии, а какой подтолкнет к недобросовестной конкуренции, достаточно трудно, однако считается, что «нормальный» интервал расслоения, на наш взгляд, можно оценить как размер индекса Джини от 0,250 до 0,400 (рисунок 2). Форма кривой выбрана не случайно: катастрофические последствия с каждой из сторон от рекомендованного интервала не проявляются сразу, но с определенного момента могут расти экспоненциально.

Таким образом, мы приходим к выводу, что с точки зрения экономического обоснования поведения граждан оптимальный интервал дифференциации доходов если и не найден до сего момента, все же может быть так или иначе определен и уточнен.

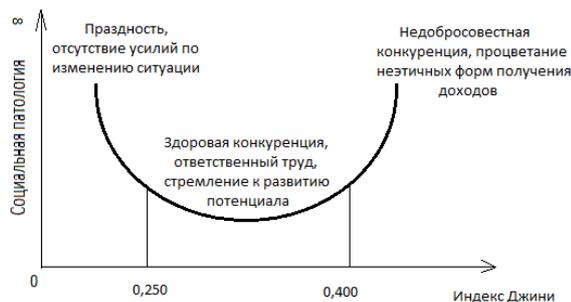


Рисунок 2. Стимулирующая функция расслоения населения по доходам

Figure 2. The stimulating function of the stratification of population by income

Также следует указать, что у расслоения по доходам есть и сугубо социальные последствия. В случае незначительных различий между доходами разных граждан и их групп велик риск развития социального иждивенчества, негативно влияющего как на самих иждивенцев, для которых прекращается прогресс и саморазвитие, так и для более активной части общества, которая вынуждена тратить силы на содержание иждивенцев без какого-либо материального и даже морального вознаграждения. На другом конце кривой оказывается социальная напряженность, фактически голодная смерть для одних и гиперпотребление других, преступления против собственности и против человека. Относительной стабильности общественной структуры и институтов можно ожидать лишь в средней части кривой.

Можно предположить, что в прогибе кривой окажется меритократия и социальная справедливость, однако реальные наблюдения за национальными экономиками, в которых значения индекса Джини попадают в рекомендуемый нами интервал, отрицают это. Конечно, общественное устройство в таких государствах и в такие периоды времени отличается гораздо большей стабильностью, чем примеры экономик за пределами указанного интервала. Однако, несмотря на то, что мы одновременно можем наблюдать широчайшее разнообразие значений индекса, практически нигде мы не видим действительно идеальной ситуации.

На наш взгляд, это связано с влиянием других факторов на размеры и специфику расслоения общества. К таковым, в наиболее общем виде, следует относить:

1. Расслоение по неэкономическим признакам, например, по отношению к власти, степеням свободы и т. п.

2. Наличие неденежных мотивов у самих граждан. В современном мире можно найти немало интересных аспектов приложения усилий,

требующих минимальных материальных вложений при существенных временных затратах. А ниже минимальной планки необходимого материального потребления во многих странах не дает опустить система социальной защиты.

3. Способы формирования доходов: помимо традиционных трудовых доходов, доходов от собственности и предпринимательской деятельности, существуют и другие. Некоторые из них отдельным гражданам и целым слоям населения могут представляться либо неэтичными, либо слишком опасными – например, криминальная деятельность.

Таким образом, вопрос о справедливом распределении доходов в обществе и оптимальной степени их дифференциации остается открытым. Однако постепенное накопление международной и межрегиональной статистической информации для формирования баз сравнения ведет к постепенному уточнению оптимальных границ показателей расслоения. С другой стороны, такими цифровыми данными не следует оперировать без поправки на культурно-исторические, национальные, мировоззренческие, политико-правовые и иные факторы, которые могут существенно влиять на приемлемые уровни такого расслоения.

Справедливость рыночного распределения доходов зависит от образа действия его механизма. Считается, что с максимальной полнотой такой режим действует в условиях совершенной конкуренции, а господство монополий деформирует рыночное распределение доходов. Между тем, рыночное распределение доходов неизбежно создает и постоянно воспроизводит социально-экономическое неравенство, хотя и не обязательно такое, которое уже перестает казаться справедливым; рынок не существует без нетрудовых доходов; но самое главное – рынок сам по себе никак не гарантирует права человека на жизнь. Следовательно, для решения многих социальных проблем существует объективная необходимость дополнить рыночный механизм процессом перераспределения доходов. Здесь мы встречаемся с дилеммой, когда необходимо выбирать между двумя по-своему нежелательными последствиями: либо обеспечить решение многих социальных проблем при снижении экономической эффективности рыночного механизма, либо сохранить высокоэффективный, но по-своему несправедливый рыночный механизм.

Анализ достигнутого и желаемого уровня дифференциации доходов населения

Помимо определения приемлемого уровня расслоения населения по доходам важным и трудноразрешимым вопросом является проблема фактического достижения желательного

уровня расслоения. Следует подчеркнуть, что коэффициент Джини не способен отразить разницу в доходах между самым богатым и самым бедным лицом в стране или регионе. Поэтому если на исследуемой территории имеется чрезвычайно состоятельная прослойка населения, благосостояние которой отличается от остальной массы в сотни и даже тысячи раз, но при этом ее численность крайне мала, а промежуточных общественных слоев нет, то инструментарий расчета коэффициента Джини окажется бессилем эту ситуацию отразить. Аналогично в такой ситуации и бессилие статистического инструментария в целом, так как он делит население на квинтильные группы, реже – на децильные. Поэтому, если в верхней децильной группе оказался 0,1% населения с огромными доходами, а остальные 9,9% – с доходами, гораздо более близкими к медиане, то проанализировать такое расслоение внутри самой децильной группы окажется затруднительно, а совокупный размер ее благосостояния окажется сравнительно небольшим. Хотя подобные ситуации сравнительно редки, все же совсем сбрасывать их со счетов при региональных или страновых сравнениях представляется не логичным.

Еще одно ограничение представляет собой теневая экономика, включая и криминальную ее составляющую. Статистика с трудом учитывает ее, причем если часть теневых доходов можно учесть косвенно, например, через легальные расходы, то существенная доля криминальных доходов и расходуется нелегальным образом, а потому в статистических данных может вовсе не находить отражения.

Тем не менее, планируя и корректируя расслоение доходов населения, мы продолжаем опираться на данные статистического учета и прежде всего на значения таких показателей, как коэффициент Джини и коэффициент фондов, имеющие разную методику исчисления но во многом отражающие одни и те же процессы и явления в экономике и обществе.

Колебания коэффициента Джини в рамках одного и того же объекта наблюдения, например, государства обычно происходят сравнительно медленно. Причиной этого является то, что на расслоение населения и концентрацию его доходов, помимо резких макроэкономических колебаний (например, экономических кризисов) влияет ряд трудноизменяемых факторов, включая:

- а) отраслевая структура экономики, степень ее специализации и концентрации;
- б) социальная стратификация общества, культурно-исторические традиции;
- в) пропаганда тех или иных ценностей и ее результаты;
- г) размер страны и степень объективно существующих различий между разными ее частями (например, обусловленных географически или исторически).

Из этого следует, что рассматривать динамику указанного показателя за 2–3 года не имеет практически никакого смысла. С другой стороны, если взят достаточно продолжительный интервал времени, то динамика коэффициента Джини может быть весьма информативной.

Рассмотрим динамику этого показателя для РФ за весь период его статистического наблюдения, т. е. с 1996 года (рисунок 3).

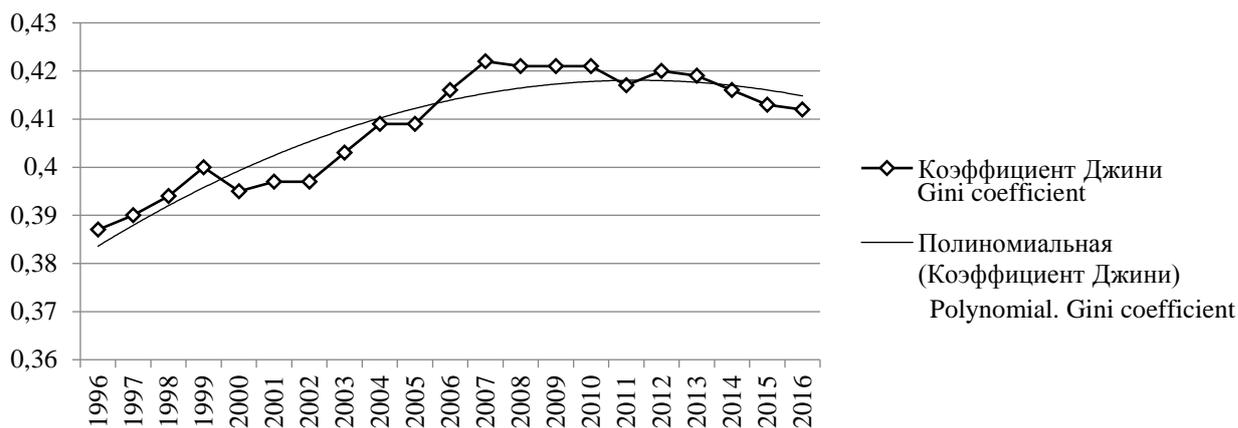


Рисунок 3. Динамика коэффициента Джини в РФ

Figure 3. Dynamics of Gini coefficient in Russia

Можно спорить о том, что явилось причиной резкого роста коэффициента на интервалах 1996–1999 гг. и 2002–2007 гг. На наш взгляд, помимо собственно реального роста

концентрации доходов, которую и должен отражать данный показатель, к таким причинам, ответственным хотя бы за часть наблюдаемой кривизны, надлежит отнести:

а) совершенствование статистического учета (особенно на раннем этапе) доходов и расходов (косвенно являющихся отражением доходов) населения;

б) легализация части теневых и криминальных доходов;

в) нормализация трансграничного движения доходов и капиталов.

С другой стороны, нельзя отрицать, что, несмотря на искажающее влияние указанных нами причин, коэффициент Джини отражал и отражает дифференциацию доходов населения. А темп его роста за период с 1996 по 2007 год оказался таков, что никак не может не только полностью, но даже в значительной степени быть приписан действию искажающих факторов. Так же трудно отрицать, что экономическая жизнь страны, равно как и благосостояние российского общества в целом за тот же период улучшалось. Возможно, улучшения происходили неравномерно, недостаточно быстро, даже не во всех сферах, однако множество научных трудов и данных статистики указывают на самые разные точки роста и развития. Из сочетания этих двух фактов вытекает вывод: либо экономический рост вызывает одновременный рост неравенства, либо, напротив, неравенство дополнительно стимулирует отдельных людей проявлять больше энергии и творческой инициативы ради повышения своих доходов, что, в свою очередь, подталкивает экономическое развитие в целом. Нам представляется более логичным второй вариант, хотя, конечно, нельзя только стимулирующему воздействию неравенства приписать рост макроэкономических показателей.

С другой стороны, рассматривая вторую половину дуги линии тренда, то есть период с 2008 года по настоящее время, мы отмечаем снижение значения показателя, хотя гораздо более пологое, но устойчивое. Между тем, несмотря на очевидно имевший место кризис 2007–2009 годов, нельзя сказать, что данный период в целом характеризуется неблагоприятными макроэкономическими показателями и их отрицательной динамикой. На наш взгляд, такую форму кривой можно приписать одновременному воздействию двух обстоятельств:

1) предпринимаемые усилия властей по построению социального государства, обеспечению действительно существенной поддержки нуждающихся и относительной справедливости в распределении национального богатства;

2) достигнутый, а возможно, даже немного превышенный по инерции за двухтысячные годы,

«естественный» для специфики нашего экономического строя и общественного устройства уровень неравенства, после которого сейчас просто идет некоторая корректировка с одновременной стабилизацией.

Если принять как реально действующие оба эти обстоятельства, то можно предположить, что если кризисные явления в течение ближайшего будущего будут устранены или смягчены, а социальная политика не изменит вектора, то за следующие 5–7 лет коэффициент Джини будет колебаться все слабее, скатываясь к значению 0,4.

Выявление факторов, определяющих дифференциацию доходов населения в России

Выявление связи между коэффициентом Джини и общей экономической обстановкой, как видим, существенно затруднено. Ясно лишь, что точки перегиба кривой, изменения направления изменений были связаны с макроэкономическими событиями принципиально по-разному до и после 2000 года. Так, первый перегиб пришелся на 1999 год – следующий за годом дефолта РФ (ожидать годового временного лага между событием и реакцией показателя на него в данном случае вполне оправдано), причем подчеркнем, что произошло снижение значения коэффициента. Второй перегиб в противоположную сторону роста – 2000 год, уход Президента Б.Н. Ельцина, который, по мнению многих, описывается как конец целой эпохи, приход к власти В.В. Путина. Следующий экстремум – 2007 год, кризис. А вот следующие два – 2011 и 2012 годы, которые можно охарактеризовать как благополучные, хотя и не лишённые некоторых реформ и изменений, однако не столь существенных. Между тем, изменения тренда в 2014–2015 гг., то есть в период начала текущего кризиса, не произошло. Однако нельзя не указать на то, что и после 1998, и после 2007, и даже после 2014–2015 годов происходило снижение значения коэффициента Джини, которое трактуется как сокращение неравенства и расслоения населения.

Указанные выводы подтверждает и сопоставление динамики коэффициента Джини и динамики реальных доходов населения (рисунок 4).

Как видим, здесь корреляция выражена весьма сильно. Как только темп прироста доходов населения падает до нуля или даже становится отрицательным (значения показателя на графике 100% и ниже), мы сразу наблюдаем и понижение значения коэффициента Джини: 1998–1999 год, затем 2008 год, 2011 год, затем ежегодно с 2014 года. Даже небольшой прогиб кривых в 2003–2004 годах коррелирует на обоих графиках.

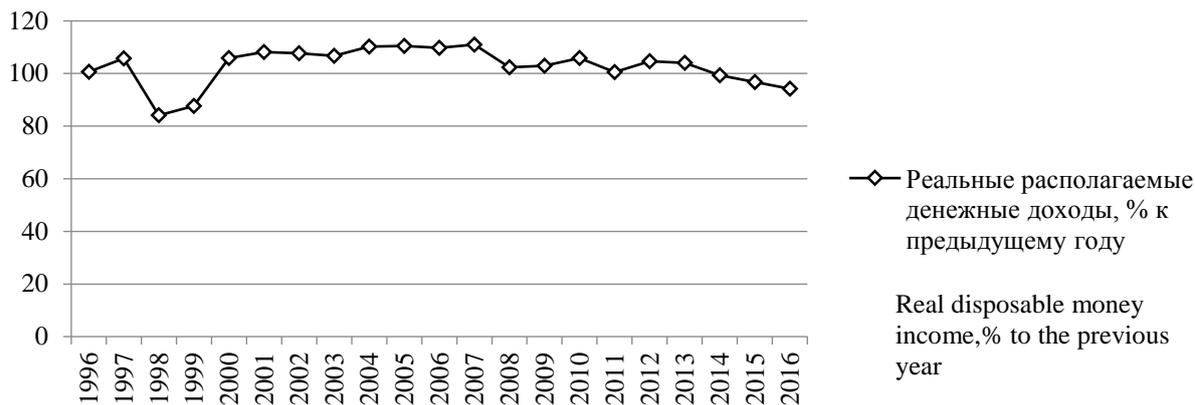


Рисунок 4. Реальные располагаемые денежные доходы, % к предыдущему году

Figure 4. Real disposable cash income, % of previous year

Отсюда следует странный на первый взгляд вывод. Кризисные явления, и особенно снижение темпов роста реальных доходов населения, даже относительно небольшое, по крайней мере, в условиях нашей страны приводят к сокращению неравенства населения по доходам. Однако при ближайшем рассмотрении данный результат не противоречит заявлениям общественных деятелей о том, что кризисы гораздо хуже переносятся наиболее бедными слоями населения. Эти последние и в благополучные, стабильные периоды зарабатывают и потребляют на минимальном уровне, а потому снижение их доходов даже на доли процента может потребовать отказа от жизненно необходимых благ. Тем не менее, представленная нами взаимосвязь показателей доказывает, что, когда наименее обеспеченные слои населения теряют доли процента от своих доходов, более состоятельные теряют проценты, а наиболее богатые – вероятно, даже десятки процентов. В результате доходы, сконцентрированные в руках верхней квинтильной (или децильной) группы, сокращаются достаточно существенно, что приближает ее к нижней группе. Степень расслоения в обществе снижается.

В происходящем немалую роль играют, на наш взгляд, следующие факторы:

1) Высокая оплата труда традиционно включает в себя большую долю премии и иных бонусов и меньшую – собственно заработной платы, в противоположность низкой. В случае кризиса или же просто снижения темпов роста производительности труда работодателю с организационной и правовой точек зрения проще снизить премии и иные выплаты. В результате сильнее страдают доходы наиболее высокооплачиваемой части сотрудников.

2) В нашей стране низкооплачиваемые группы работников часто сконцентрированы в бюджетной сфере. Государство как работодатель

неохотно повышает оплату труда, однако оно же не спешит ее снижать в случае неблагоприятной макроэкономической конъюнктуры.

3) Напротив, сравнительно высокие доходы часто полностью или частично связаны с теми или иными теневыми секторами и прослойками в экономике, где он, соответственно, никак юридически не защищены и не могут быть сохранены, если работодатель решил их урезать.

4) Малообеспеченные граждане страны пользуются масштабной социальной поддержкой. Если даже номинальное снижение заработной платы, в принципе, возможно в любой организации, даже государственной или муниципальной, то случаев снижения номинальных размеров пенсий, стипендий, пособий и иных социальных выплат пока не наблюдалось. Их реальный размер снижается в кризисные периоды лишь под воздействием инфляционных процессов, то есть в любой случае не так значительно, как может снизиться оплата труда. Несмотря на то, что размер большинства социальных выплат пока оставляет желать лучшего, все же сохранение их размера на фоне снижения размеров иных доходов может сыграть существенную роль как собственно в социальной поддержке, так и в сокращении неравенства.

5) В кризисные периоды граждане могут терять не только доходы, но и собственность. Для целей нашей дискуссии собственность граждан логично разделить на генерирующую дополнительный доход и не генерирующую. К последней относится единственное жилье, небольшая дача, домашняя обстановка, личные вещи. К первой – недвижимость, предназначенная для передачи в аренду или ведения бизнеса, вклады в банках, доли в предприятиях и инвестиционных фондах. Часть собственности, например, личный автомобиль, фотоаппарат или компьютер, могут использоваться и для личного потребления, и для получения дохода. В таком ракурсе отметим следующие обстоятельства:

а) для формирования собственности, генерирующей доход, обычно нужно получение относительно более высоких доходов в предшествующий период, так как первые 2–3 миллиона рублей в собственности домохозяйства – это обычно квартира или дом с участком, домашняя обстановка, бытовая техника и семейный автомобиль; и лишь последующие накопления могут быть представлены счетами в банке, акциями предприятий и т. п.;

б) потеря не генерирующей доход собственности даже в критические периоды сравнительно маловероятна; более того, гражданин часто законом защищен от потери части такой собственности (например, единственного жилища);

в) в период кризиса сокращается спрос на многие товары и услуги, в том числе те, которые могут быть произведены с использованием той самой приносящей доход собственности гражданина, соответственно, этот доход сокращается либо вообще теряется именно тогда, когда он больше всего нужен;

г) при снижении доходов из иных источников часть собственности, до того не использовавшаяся для извлечения дохода, может быть для этого использована беднейшими слоями населения (например, подработка в такси на единственном семейном автомобиле, или сдача в аренду комнаты в единственной квартире, или продажа части урожая с приусадебного участка).

В результате мы понимаем, что при неблагоприятной конъюнктуре повышается вероятность того, что более состоятельные граждане

теряют не только трудовой доход, но и доход на капитал (собственность). Одновременно менее состоятельные граждане, напротив, могут постараться извлечь дополнительный доход из той части своей собственности, которая ранее для этих целей не использовалась. Следствием опять же станет сокращение дифференциации доходов.

После анализа динамики значений коэффициента Джини во времени и исследования их корреляции с динамикой реальных доходов населения можно выйти на предположение, что путем к смягчению неравенства доходов является их общее снижение, то есть равенство в тотальной бедности, а богатство поровну распределяться не может. Однако подтвердить или опровергнуть подобную, чреватую весьма неблагоприятными для социальной политики выводами, гипотезу можно путем анализа географического распределения доходов и степени их дифференциации.

Ранжируем для примера все регионы ЦФО по размеру среднедушевых доходов населения в 2016 году (рисунок 5). Рассмотрение всех субъектов требуется для исключения возможной ошибки выборки и не представляет никаких технических трудностей. Кроме того, этот год – последний, за который на настоящий момент доступен полный набор данных национальной статистики, не совпал ни с какими экстремумами на рассмотренных ранее графиках на рисунках 3 и 4, то есть его можно признать «обычным» годом.

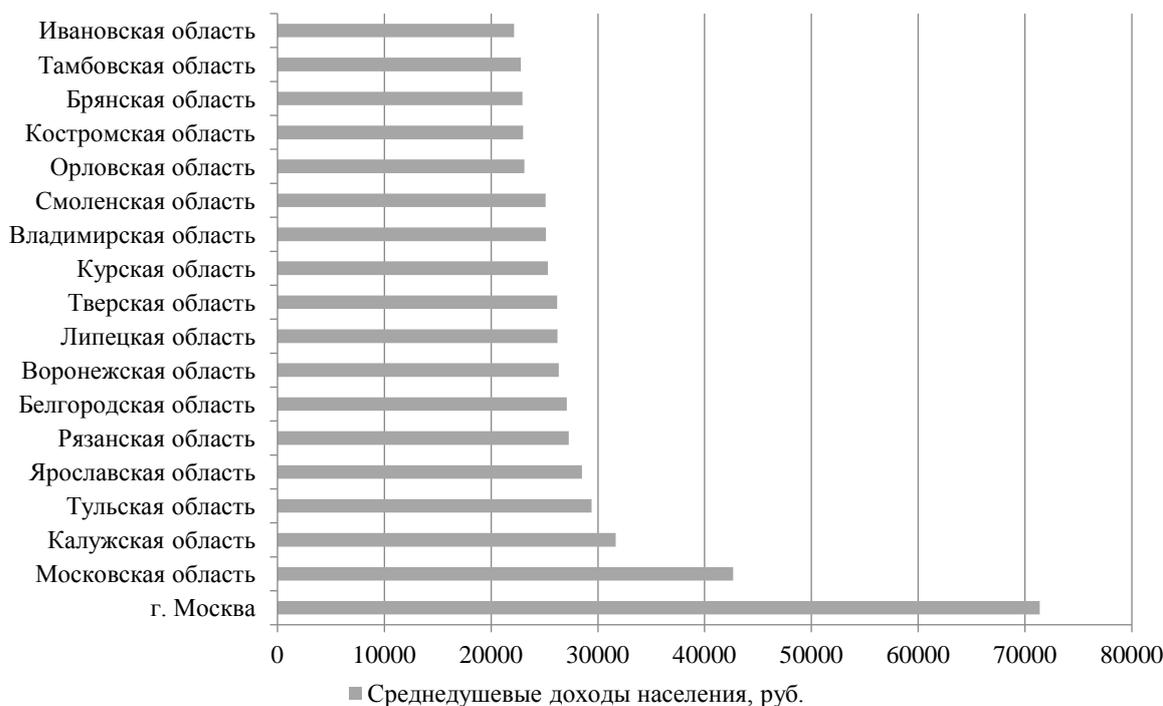


Рисунок 5. Ранжирование регионов ЦФО по среднедушевым доходам населения, 2016 год

Figure 5. Ranking of Central Federal district regions by average per capita income, 2016

При сопоставлении значений коэффициента Джини по тому же ряду регионов сохранение (даже приблизительное) формы графика явилось бы подтверждением указанной гипотезы, а расхождение – ее опровержением (рисунок 6).

Как видно из рисунков 5 и 6, практически никакого сходства форм диаграмм не наблюдается, за исключением одного – г. Москва имеет как самые высокие доходы, так и самую высокую степень их концентрации. В остальном же можно утверждать, что высокие доходы не обязательно вызывают рост неравенства в их распределении. Например, третья по размеру

доходов Калужская область оказалась лишь десятой по коэффициенту Джини, а вторая по значению коэффициента Джини Воронежская область по уровню доходов заняла восьмое место.

Таким образом, мы можем сделать общий вывод о том, что замедление роста размера реальных доходов населения определенно вызывает сокращение неравенства в их распределении. Однако это явление имеет место только в динамике. В целом же высокий уровень доходов может сочетаться со сравнительно равномерным их распределением и наоборот.

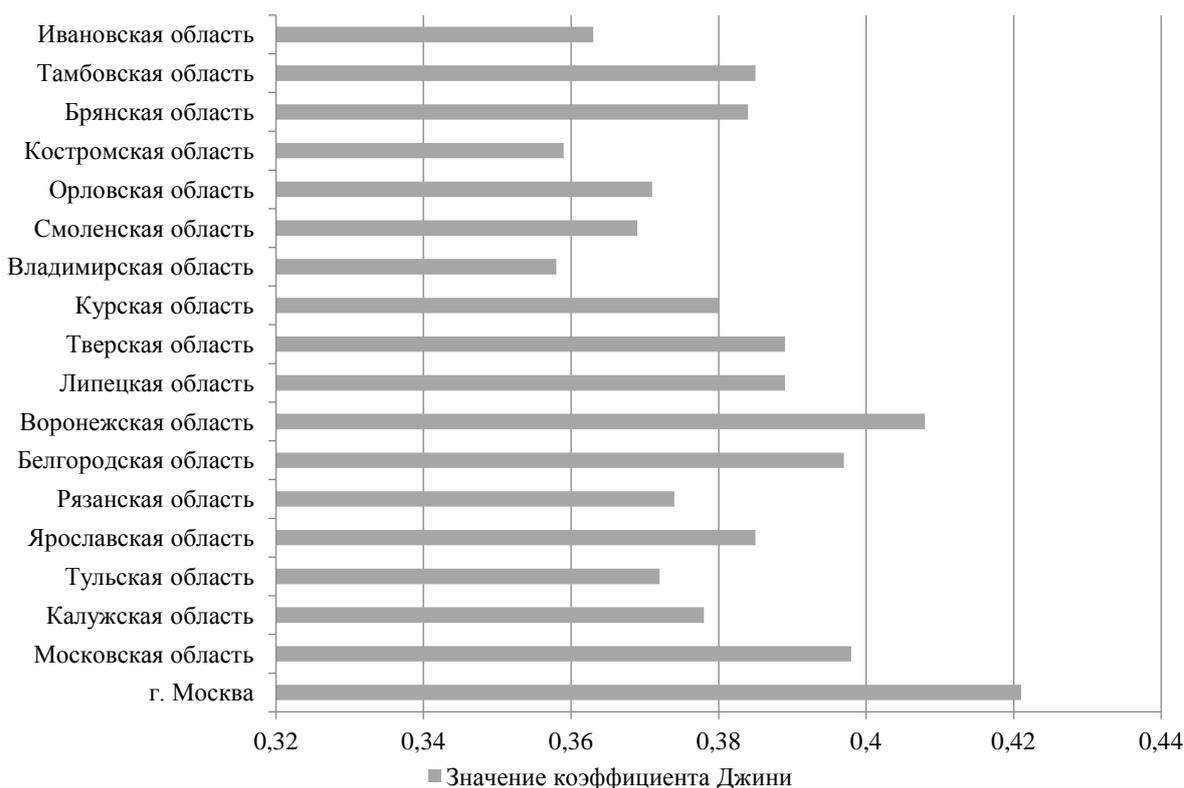


Рисунок 6. Значения коэффициента Джини для регионов ЦФО, ранжированных по размеру доходов населения, 2016 год
Figure 6. The values of Gini coefficient for regions of the Central Federal district, ranked by size of income of the population, 2016

Выводы

Таким образом, мы можем сделать общий вывод о том, что замедление роста размера реальных доходов населения определенно вызывает сокращение неравенства в их распределении. Однако это явление имеет место только в динамике. В целом же высокий уровень доходов может сочетаться со сравнительно равномерным их распределением и наоборот.

Отсюда можно вывести ряд рекомендаций в области государственной политики доходов населения, а именно:

1. Резкие колебания динамики доходов населения, причем не только нисходящие (это очевидно), но даже восходящие сдвиги, представляются нам нежелательными. Исходя из

графиков можно предположить, что хорошей динамикой доходов является рост около 5% в год.

2. Различия по субъектам РФ в плане распределения доходов населения не коррелируют с размерами этих доходов, а вызваны проводимой политикой доходов и социальной поддержки. Из этого можно утверждать, что такая политика на региональном уровне может и должна быть эффективной, а усилия, направленные властями на ее совершенствование, оправданы.

3. Оптимальный с точки зрения российской экономики и общественных взглядов и ценностей уровень дифференциации доходов населения в нашей стране пока не достигнут, однако высока вероятность, что он установится на уровне значения коэффициента Джини 0,39–0,41.

ЛИТЕРАТУРА

1 Волкова А.Г., Чудинова Л.Н., Артеменко В.Б. Система инвестиционного обеспечения устойчивого сбалансированного регионального развития // Регион: системы, экономика, управление. 2016. № 3 (34). С. 8–12.

2 Журкина Т.А., Лихачева Т.Н. Анализ производительности труда, факторы ее роста // Экономика и предпринимательство. 2015. № 10-2 (63–2). С. 1012–1014.

3 Кремер К.И., Мамистова Е.А., Сабетова Т.В. Проблемы формирования и справедливого распределения доходов населения в современной России // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 017. № 11 (58). С. 74–77.

4 Панина Е.Б., Панин А.И., Мешкова И.Н. Оценка влияния факторов макросреды предприятия с применением методики PEST-анализа // Теория и практика науки третьего тысячелетия: Сборник статей студентов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. 2015. С. 36–39.

5 Сабетова Т.В. Влияние проблемы работающих бедных на экономику современной России // Нормирование и оплата труда в промышленности. 2012. № 8. С. 49–53.

6 Стукаленко Е.А. Совершенствование механизма регулирования доходов населения как элемента государственной политики повышения качества жизни. Омск: Омский государственный университет им. Ф.М.Достоевского, 2013.

7 Токарева Г.В. Взаимодействие экономического роста и качества трудовых ресурсов // Предпринимательство. 2007. № 3. С. 61–62.

8 Федченко А.А., Будникова Н.О. Взаимосвязь концепции достойного труда и стратегии социально-экономического развития // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Экономика и управление. 2017. № 1. С. 80–84.

9 Шевцова Н.М., Федуллова И.Ю. Конкурентоспособность областей Центрально-Черноземного региона РФ // Экономика и предпринимательство. 2016. № 2–1(67–1). С. 265–268.

10 Becker G.S. The Economic Approach to Human Behavior. Chicago: The University of Chicago Press, 1976. 320 p.

11 Slinkova N.V., Volkova A.G., Sabetova T.V. Risks Of The Territorial Development Strategy Of The Agrarian Oriented Municipality // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2017. V. 65. № 5. P. 60–66.

12 Zhurkina T.A., Shevaldova T.V. Problems Of Analysis And Use Of Organization's Staff Motivation // Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences. 2016. V. 60. № 12. P. 192–198.

REFERENCES

1 Volkova A.G., Chudinova L.N., Artemenko V.B. The system of investment provision for balanced sustainable regional development. *Region: sistemy, ekonomika, upravleniye* [Region: systems, economy, administration]. 2016. no 3 (34). pp. 8–12. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Татьяна В. Сабетова к.э.н., доцент, кафедра управления и маркетинга в АПК, Воронежский ГАУ, ул. Мичурина, 1, г. Воронеж, 394087, Россия, tsabetova@mail.ru

Галина Н. Егорова к. п. н., доцент, кафедра машин и аппаратов химических производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, egorovahp@gmail.com

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Татьяна В. Сабетова обобщила материал, систематизировала информацию, построила выводы, написала рукопись и несет ответственность за плагиат

Галина Н. Егорова консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 17.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 25.04.2018

2 Zhurkina T.A., Lihacheva T.N. Analysis of labour productivity, the factors of its growth. *Ekonomika i predprinimatelstvo* [Economy and entrepreneurship]. 015. no. 10–2 (63–2). pp. 1012–1014. (in Russian)

3 Kremer K.I., Mamistova E.A. The problems of generation and fair distribution of population's income in contemporary Russia. *Konkurentosposobnost v globalnom mire: ekonomika, nauka, tehnologii* [Competitiveness in the global world: economy, science, technologies]. 2017. no. 11 (58). pp. 74–77. (in Russian)

4 Panina E.B., Panin A.I., Meshkova I.N. Assessment of the influence of the company's macro-environmental factors using PEST-analysis method. *Teoriya i praktika nauki tretyego nisyacheleiya* [Theory and practice of the third millennium: the collection of the works of students, graduate students, young scientists and teachers]. 2015. pp. 36–39. (in Russian)

5 Sabetova T.V. The effect of the working poor problem upon the economy of contemporary Russia. *Normirovaniye i oplata truda v promyshlennosti* [Labour standardization and wages in industry]. 2012. no. 8. pp. 49–53. (in Russian)

6 Stukalenko E.A. Sovershenstvovanie mekhanizma regulirovaniia dokhodov naseleniia kak elementa gosudarstvennoi politiki povysheniia kachestva zhizni [Improvement of the population's income regulation mechanism as an element of governmental policy for living standard improvement] Омск, Омск state university after F.M.Dostoevskiy, 2013. (in Russian)

7 Tokareva G.V. Interconnection between the economic growth and the labour resource quality. *Predprinimatelstvo* [Entrepreneurship]. 2007. no. 3. pp. 61–62. (in Russian)

8 Fedchenko A.A., Budnikova N.O. Interconnection of the decent labour concept and the strategy of social and economic development. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Ekonomika i upravleniye* [Bulletin of Voronezh State University. Series: Economics and management]. 2017. no. 1. pp. 80–84. (in Russian)

9 Shevtsova N.M., Feduliva I.Yu. Competitiveness of the regions of the Central Black-soil area of the Russian Federation. *Ekonomika i predprinimatelstvo* [Economy and entrepreneurship]. 2016. no. 2–1(67–1). pp. 265–268. (in Russian)

10 Becker G.S. The Economic Approach to Human Behavior. Chicago, The University of Chicago Press, 1976. 320 p.

11 Slinkova N.V., Volkova A.G., Sabetova T.V. Risks Of The Territorial Development Strategy Of The Agrarian Oriented Municipality. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2017. vol. 65. no. 5. pp. 60–66.

12 Zhurkina T.A., Shevaldova T.V. Problems Of Analysis And Use Of Organization's Staff Motivation. *Russian Journal of Agricultural and Socio-Economic Sciences*. 2016. vol. 60. no. 12. pp. 192–198..

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Tat'yana V. Sabetova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, management and marketing in agro-industrial complex department, Voronezh State Agricultural University, Michurina str. 1, Voronezh, 394087, Russia, tsabetova@mail.ru

Galina N. Egorova Cand. Sci. (Pedag.), assistant professor, machines and apparatuses of chemical production department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, egorovahp@gmail.com

CONTRIBUTION

Tat'yana V. Sabetova integrated the information, organized the information, drew results, wrote the manuscript and is responsible for plagiarism

Galina N. Egorova consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.17.2018

ACCEPTED 4.25.2018

Analysis of Sapta Pesona (Seven Enchantments) Implementation in Tourism Village: Study at Pujon Kidul Tourism Village of Malang Regency, Indonesia

Topowijono¹ topo_w_fia@ub.ac.id
Supriono¹ supriononganjuk@gmail.com

¹ Tourism Study Program, Faculty of Administrative Science, Universitas Brawijaya, Indonesia

Summary. Tourism Village is the development of a region (village) by utilizing the elements that exist in the village community as a tourism product attribute that is able to provide and meet a series of needs of a tour. (Putra, 2006: 67). The existence of tourism villages in Indonesia is experiencing a very rapid development. The development was seen from the year of 2009 which only recorded 144 tourism villages that developed to 980 tourism villages in 2013. Moreover, the development of tourism villages is also targeted to reach 2000 villages next year. (Ministry of Tourism, 2014). Some provinces that develop tourism villages as destinations include: NTT, Bali, Yogyakarta, Central Java, and East Java. East Java itself has around 150 tourism villages that are scattered in several areas such as Blitar, Probolinggo, Pacitan, Banyuwangi, Malang Regency, and Batu City (Department of Culture and Tourism of East Java Province, 2014).

Keywords: Sapta Pesona, Tourism Village, Pujon Kidul

Introduction

Tourism Village is the development of a region (village) by utilizing the elements that exist in the village community as a tourism product attribute that is able to provide and meet a series of needs of a tour. (Putra, 2006: 67). The existence of tourism villages in Indonesia is experiencing a very rapid development. The development was seen from the year of 2009 which only recorded 144 tourism villages that developed to 980 tourism villages in 2013. Moreover, the development of tourism villages is also targeted to reach 2000 villages next year. (Ministry of Tourism, 2014). Some provinces that develop tourism villages as destinations include: NTT, Bali, Yogyakarta, Central Java, and East Java. East Java itself has around 150 tourism villages that are scattered in several areas such as Blitar, Probolinggo, Pacitan, Banyuwangi, Malang Regency, and Batu City (Department of Culture and Tourism of East Java Province, 2014).

One of the interesting tourism village is Pujon Kidul Tourism Village in Punten Village. This village was formed due to the price of apple stone which in 2007 decreased dramatically, while the majority of the population in the village works as an apple farmer. Some residents who worry about the future of the village finally held a meeting and formed Pujon Kidul Tourism Village. This tourism village offers a variety of tour packages that prioritize the natural atmosphere of the countryside and community participation such

as homestay packages, rafting, agricultural education packages, camp ground packages, farm packages and more.

As a tourism village, the implementation of the concept of *Sadar Wisata* (tourism awareness) and *Sapta Pesona* (seven enchantments) becomes an important thing in the basis of its development. Based on the results of observations, it is seen that there are only a few parties who understand the concept, such as the coordinator of the Tourism Village manager. The majority of the community around the village do not understand about the concept. They are only limited to follow the direction of the coordinator. It makes the implementation of *Sapta Pesona* in Pujon Kidul Tourism Village become less optimal. As in terms of hygiene and superior products that will affect the element of memories to tourists. Therefore, this study tried to describe the implementation of *Sapta Pesona* in Pujon Kidul Tourism Village of Malang Regency.

Literature review

Tourism and Tourism Village

Tourism is defined as a trip that is made repeatedly or circling from one place to another (Suwena, 2010: 12) and according to Damanik and Weber (2006: 1), it is a very complex phenomenon of human movement, goods and services. It is closely linked to organizations, institutional and individual relationships, service needs, provision of service needs, and so on. On the other hand,

Для цитирования

Topowijono, Supriono Analysis of Sapta Pesona (Seven Enchantments) Implementation in Tourism Village: Study at Pujon Kidul Tourism Village of Malang Regency, Indonesia// Вестник ВГУИТ.2018. Т 80. № 2. С. 458–470. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-458-470

For citation

Topowijono, Supriono Analysis of Sapta Pesona (Seven Enchantments) Implementation in Tourism Village: Study at Pujon Kidul Tourism Village of Malang Regency, Indonesia. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80 no. 2. pp. 458–470.. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-458-470

Nuryanti (1993: 2–3) defined Tourism Village as a form of integration between attractions, accommodation and supporting facilities presented in a community life structure that integrates with the prevailing rules and traditions. According to the *Pariwisata Inti Rakyat* (PIR) (in Priasukmana 2001: 38), a tourism village is a rural area that offers a whole atmosphere that reflects the authenticity of the countryside, both from socio-economic, socio-cultural life, customs, and everyday life, which possesses typical building architecture and village spatial structure, or economic activity which is unique and interesting, and has the potential for the development of various components of tourism, for example: accommodation attractions, food and beverages, and other tourism needs. Referring to the definition of a tourism village, the establishment of a village to be called a tourism village must meet several requirements. Priasukmana and Muyadin (2001: 38) explained it in several points that can be summarized, as follows:

1. Have good accessibility so as to facilitate tourists to visit the tourism village and the surrounding attractions.

2. There is a good tourist attraction in the form of nature, cultural arts, legends, local food, etc, that can be developed as a tourist attraction.

3. There is support from the community around the tourism village in serving tourists, either by providing accommodation and maintaining the condition of security and order in the village.

Furthermore, Priasukmana and Muyadin (2001: 38–39) outlined the purpose of developing a tourism village, as follows:

1. To support government programs in tourism development by providing alternative tourism object.

2. To explore the potential of villages for community development around the tourism village.

3. To expand the field of employment and field of work for the villagers, so as to improve the welfare and quality of life of villagers. Thus, there will be equitable distribution of economic development in the village.

4. To encourage urban people who are relatively better economically, to be happy to go to the village for recreation (ruralization).

5. To grow a sense of pride for the villagers to remain in their village, thus, reducing urbanization.

6. To accelerate the mixing between non-indigenous people and indigenous people.

7. To strengthen the unity of the nation, so as to overcome disintegration.

These objectives are expected to benefit stakeholders in developing tourism villages. Hadiwijoyo (2012) explained that with the existence of tourism village, then the values of customs and culture that has been going on for tens of years in the village can be preserved and can serve as a tourist attraction that can be enjoyed by tourists. The existence of a tourism village can also generate new potential employment opportunities for the development and empowerment of local villagers so that there is an improvement in living standards and the economy of the community. Another benefit is the creation of a beautiful environment, because basically, tourism village people are required to be more friendly with nature, given that the beauty and coolness of the environment will be one of the attractions for tourists to visit.

Sapta Pesona

The term *Sapta Pesona* (Seven Enchantments) was first mentioned in the Seven Wisdom Strategies of Tourism in Pelita V (re: Five-Year Development of Volume Five) which was produced after following World Tourism Market (WTM) as a sign of the beginning of the era of international tourism promotion. The seven basic tourism strategy policies are:

1. Consistency in tourism promotion
2. Addition in accessibility
3. Enhancement of quality of service and tourism products
4. Development of tourist destination areas
5. Promotion of natural attractions, animals, and marine tourism
6. Enhancement of quality of human resources

7. Implementation of a tourism campaign through *Sapta Pesona* (source: Binus University, 2015)

Sapta Pesona then becomes a stand-alone program based on the Decree of Ministry of Tourism, Post and Telecommunication No.5/UM.209/MPPT-89 concerning Guidelines for the Implementation of *Sapta Pesona*. This Ministerial Decree defines *Sapta Pesona* as a condition that must be realized in order to attract tourists to visit an area or region in the country of Indonesia. It is also mentioned that *Sapta Pesona* consists of seven elements, namely: Safe, Orderly, Clean, Cool, Beautiful, Friendly, and Memorable. The seven elements are heavily campaigned as the principle of Indonesian tourism products along with the launching of the first Visit Indonesia Year (VIY) in 1991. *Sapta Pesona* consists of: Safe, Orderly, Clean, Cool, Beautiful, Friendly, and Memorable.

Tourism Awareness Illumination of Department of Tourism, Post and Telecommunications of Directorate General of Tourism (1993: 73–75) defined *Sapta Pesona* as follows:

1. Safe

Safe is a condition or circumstance that provides a calm atmosphere and sense of peace for tourists. Safe also means to be free from fear and worry about the salvation of his soul, body and property (luggage and attachment to his body). It also means free from threats, harassment and violence or crime. Safe, in the sense of including the use of facilities and infrastructure, namely from technical and other disturbances, because the facilities and infrastructure are well maintained.

2. Orderly

Orderly is a condition or circumstance that reflects an orderly atmosphere and discipline in all people's lives. The orderly state or atmosphere in facing the tourists is more directed to: orderly in terms of regulations, orderly in terms of time, orderly in terms of quality of service, orderly in terms of information.

3. Clean

Clean is a condition or circumstance that displays a clean and healthy (hygienic) environment. The clean environment should always be reflected in clean and neat environment and tourism facilities. The use of service equipment that is always well maintained, clean, and free from bacteria and pests. Healthy food and beverages, as well as the appearance of clean and physical service personnel. Clean in terms of environment where travelers will find a clean environment from garbage, sewage, dirt.

4. Cool

Cool is a condition or state of the environment that provides a fresh, comfortable atmosphere. Such environmental conditions are created by the effort to create a good atmosphere of environment, gardening and greening of the tourist track. Beautify the face of the city with the development of parks in open spaces, greening along the road, neighborhood and offices and shopping centers as well as neighborhoods of residential and tourist attractions. Inside the room, it can be created with the provision of potted plants, and if possible, make an indoor garden.

5. Beautiful

Beautiful is a condition or circumstance that reflects a regular, orderly and harmonious arrangement. So it radiates beauty.

6. Friendly

Friendly is the nature and behavior of people who are familiar in the association, respectful and

polite in communicating, likes to smile, likes to say hello, likes to give service and to help without expecting any rewards, both given by officers/apparatus of government element and also tourism business which directly serve the tourist.

7. Memorable

Through memorable element, tourists can get beautiful and deep memories of the places they have visited. They also get a clean and comfortable accommodation with friendly waitresses, high value of cultural art performances, delicious regional specialties and the availability of interesting and easy-to-take souvenirs.

Research methods

This research was done by using qualitative descriptive method. Data collection was conducted by in-depth interview to the stakeholders of Pujon Kidul Tourism Village who has been appointed purposively, covering the Village Head, Community, Tourism Village Institution Coordinator, and Tourists visiting Pujon Kidul. Data analysis was done by using Source Triangulation.

Research result

Implementation of *Sapta Pesona* in Pujon Kidul Tourism Village

Sapta Pesona is a conceptualization of *Sadar Wisata* (tourism awareness) concept related to the support and role of the community as the host (A Guide of Tourism Awareness Group, 2012:11). Through the theory, the implementation of *Sapta Pesona* requires public awareness of tourism potential in the region. At first, Pujon Kidul Hamlet is just an ordinary village that most of the community works as farmers. The emergence of awareness of tourism originated from outsiders who convince the community that Pujon Kidul has the potential to be a tourism destination. Thus, it encourages the community to create a Tourism Awareness Group as a subject that implements a *Sapta Pesona* in Pujon Kidul Hamlet.

a. Safe

Security becomes a very important condition in the tourism industry. As meant by UNWTO (2011) that safety and security is very important in supporting the quality of a tourism destination. In the past two decades, security and safety have become increasingly complex issues and have a profound impact on the sustainability of travel and tourism activities (Kövári and Zimányi, 2011:59). As a tourist destination, Pujon Kidul Tourism Village performs some form of action related to security. Such forms of action have been in

accordance with theories contained in the Guideline of Tourism Awareness Group (2012) on the forms of action that need to be manifested to create a sense of security, which consist of: having an attitude of not interfering with the convenience of tourists in their visits, helping and protecting the tourists, maintaining environmental security, and minimizing the risk of accidents in the use of public facilities.

b. Clean

Cleanliness of the environment around the tourist area is another important matter to note. According to Khalik (2014: 29), the environment around the tourism area should be maintained by not doing any littering and maintaining cleanliness in public facilities. If viewed from the point of view of environmental health, littering can cause disease and can damage the existing ecosystems. Its application is reflected through several forms of action that lead to clean conditions that are free of waste, dirt, pest and diseases.

1) Not doing a littering

Equipping tourists with a trash bag on fruit picking package is one of the actions that the manager has done so that tourists do not throw garbage carelessly. But it is not matched by the availability of garbage cans at other tourist package locations, such as in outbound packages, industrial packages, and others. The availability of garbage cans in Pujon Kidul Village is less than the number of groups that usually come and stay in the village, that is over 50 people.

2) Maintaining environmental cleanliness of tourist objects, attractions and supporting facilities.

The people of Pujon Kidul Tourism Village really keep their environment clean. Environmental hygiene is generated from the activities of mothers who diligently clean the house and surrounding area in the morning and evening, coupled with the voluntary work that is routinely conducted in Pujon Kidul Village, as the suggestion of head of Community Association (RW). Environmental hygiene is also applied in the package of tour packages provided. As with homestays, rabbit farms, dairy sites, fruit packets, and chips production sites. In the picking fruit tour package, the manager provides crackle (trash bag) that can be used to accommodate the trash.

3) Clean and neat appearance of the clerk

One of the form of appreciation towards tourists who come visiting the village is by having a good appearance in front of the tourists. Based on observation, managers can dress neatly in accordance with what is handled by them, and it does not have to be a uniform. In the meantime, uniforms are only owned by outbound officers. Therefore, managers use pins as identity that distinguishes them with the tourists during their duty.

d. Cool

Maintaining coolness is tantamount to maintaining a sustainable tourism destination. According to UNWTO (2005), the development of tourism destination that does not care for environmental sustainability will not only damage the society and the environment, but it will also damage the tourism itself. Therefore, keeping the coolness of a tourism destination can be done by several things, namely: by maintaining cool conditions in the public area through planting; and maintaining the surrounding greening activities in accordance with the form of action listed in the Guideline of Tourism Awareness (2012).

1) Carrying out reforestation by planting trees.

Greening that is done in Pujon Kidul is conducted by planting crops that are in the form of productive plants, such as vegetables, flowers, and fruits. It is basically aimed not only to keep the coolness, but also to utilize the surrounding land for profit.

2) Maintaining cool conditions in public areas/public facilities like hotels, inns, restaurants and other infrastructure facilities and tourism components/facilities.

The biggest source of pollution in Pujon Kidul Tourism Village comes from motor vehicles used in rice fields or gardens. The vehicle is an ordinary motorcycle that is then modified to be used for muddy and uphill roads to bring crops and grasses to farm animals. This modified motorcycle produces a loud sound and exhaust gases.

e. Beautiful

Making tourists feel at home and want to continue to return to the tourist destination is a goal that always want to be achieved by every tourist destination. One of the way to achieve the goal is by maintaining the beauty and sustainability of nature which is an asset of Indonesian tourism (Suwena, 2010: 104). In essence, man always requires the beauty of the harmonization of biodiversity for the peace of soul, pleasure and peace (Hakim, 2014: 229). Therefore, it is necessary to realize a condition of environments that reflect beautiful and interesting circumstances by doing things like keeping objects and attractions in an aesthetic order, preserving the character of localization, and preserving the beauty of vegetation as written in the Guideline of Tourism Awareness Group (2012). Almost all houses of residents are equipped with plants that can add value to the beauty of the environment, whether it is an ornamental plant or productive plant such as vegetables and fruits. The results of this observation is also felt by tourists who visit the village.

f. Friendly

Society takes an important role in realizing the friendly conditions to tourists who come to visit the Tourism Village. Suwena (2010) stated that the involvement or support of the community in tourism activities greatly affects the tourist visits. Good and friendly attitude given to the tourists will make the tourists feel at home in a tourist destination. The importance of community support is also a requirement for the formation of a Tourism Village where the community and village officials are expected to receive and give high support for tourist (Priasukmana and Muyadin, 2001: 38). As a Tourism Village which is closely related to community involvement, Pujon Kidul Tourism Village has implemented several things to reflect the friendly element that are in accordance with the Guideline of Tourism Awareness Group (2012), as follows:

1) Being a good host and willing to always be ready to help tourists.

One of the form of community's tourism awareness based on Guideline of Tourism Awareness Group (2012:9) is to realize the role and responsibility as a host that is good for guests or tourists. In the implementation, it can be said that managers have been a good host and willing to help the tourists. This is evident from the form of assistance and attitude of the community that is very friendly to tourists. The friendly attitude of the community is the original character of the local community. This attitude is then supported by the training of trainers as well as tourists about the friendliness of the community.

2) Giving information politely.

The next form of action of the friendly element that is applied is to provide information politely. The absence of written rules to tourists makes managers and the public giving information to tourist orally. This behavior has been applied well in Pujon Kidul Tourism Village, both by the manager and the community of Pujon Kidul Village itself, even though they are still experiencing difficulties when having communication with foreign tourists.

g. Memorable

Memories are a form of memorable experience in a tourist destination that can create a good impression for tourists. Memories become a matter of concern because it will determine the positive impression that will be conveyed to others and a return visit from tourists. Yoeti stated (in Suwena 2010: 85) that a tourist destination should have at least three conditions: something to see, something to do, and something to buy

(something which can be purchased). That is, a tourism destination should be able to provide good memories in the form of experience through something to see and something to do or in the form of souvenirs through something to buy. The forms of action that can be realized as listed in the Guideline of Tourism Awareness Group, as follows:

1) Exploring and elevating the uniqueness of local culture.

Culture in Pujon Kidul Tourism Village can be said to range from the art of music, dance, to customs. There are *kenrung* music, crazy bamboo, waltz dance, village cleaning ceremony, and others. Most of the cultural arts possessed have entered into the tour packages offered, except for a traditional ceremony that only happens once a year and is sacred. This is intended for tourists to know the art of culture in Pujon Kidul Tourism Village.

2) Serving local food and drink that is clean, healthy and attractive.

Pujon Kidul Tourism Village has a typical food menu, that is Empok rice. Empok rice is corn rice which is equipped with melted, spicy vegetable, coconut milk and salted fish. However, this food is rarely served because in Pujon Kidul Tourism Village, this food menu will be tailored to the desires of tourists. There are tourists who prefer to cook their own food to be used as bounding time, there are tourists who have ordered catering from outside the village, there are also tourists who already have their own menu according to their own taste. This makes the typical local food and drink can not be shown optimally because it adjusts the wants and needs of tourists. The results of this observation are in accordance with the results of the perception questionnaire of tourists who earn on average enough statement on the impression gained from the typical food served by the tourism village.

3) Providing interesting, unique, and portable souvenirs.

Memorable element is closely related to souvenirs to take home by the tourists that can be stored alone and given to others. In the meantime, a souvenir that can be brought home from Pujon Kidul Tourism Village is a variety of chips. There are several kinds of processed chips that are made, namely: *carang mas*, ginger chips, apple chips, spinach chips, oyster mushroom chips, potato chips, jackfruit chips, rambutan chips, salak chips, tempe chips, and purple sweet potato chips. Pujon Kidul Tourism Village does not have typical souvenirs because of the limitations on existing human resources and skills. Therefore, until today, souvenirs offered to tourists are only chips.

Conclusion

Based on the formulation of the problem, the results of research, and discussion, it can be concluded that almost all of the seven points of the implementation of *Sapta Pesona* in Pujon Kidul Tourism Village can be done well. This is evidenced by the absence of complaints from tourists who have visited the village, and if there are any complaints from them, then the Tourism Village directly improve themselves.

Suggestions

The researchers suggest to Ministry of Tourism to always update the guidelines of tourism awareness which includes the explanation about the points of *Sapta Pesona*, considering the increasing number of tourist destinations involves the role of local communities. For the next researchers, they are suggested to conduct a research about the effectiveness of applying *Sapta Pesona* in other Tourism Village.

REFERENCES

- 1 Muljadi A.J. Kepariwisata dan Perjalanan. Jakarta: PT. Raja Grafindo, 2010
- 2 Bahan Baku Penyuluhan Sadar Wisata Departemen Pariwisata. Departemen Pariwisata, Pos dan Telekomunikasi. Direktorat Jenderal Pariwisata. 1993
- 3 Damanik, Janianton dan Weber, Helmut. Perencanaan Ekowisata Dari Teorike Aplikasi. Yogyakarta: PUSPAR UGM dan Andi, 2006
- 4 Gunawan Imam Metode Penelitian Kualitatif: Teori dan Praktik. Jakarta: Bumi Aksara, 2014
- 5 Hadiwijoyo, Suryo Sakti Perencanaan Pariwisata Perdesaan Berbasis Masyarakat (Sebuah Pendekatan Konsep). Yogyakarta: Graha Ilmu, 2012.
- 6 Hakim, Luchman. 2014. Enobotani dan Manajemen Kebun – Pekarangan Rumah: Ketahanan Pangan, Kesehatan, dan Agrowisata. Malang: Selaras
- 7 Pedoman Kelompok Sadar Wisata Direktorat Jenderal Pengembangan Destinasi Pariwisata Kementerian Pariwisata dan Ekonomi Kreatif. 2012. Jakarta: Persada
- 8 Sunaryo, Bambang. 2013. Kebijakan Pembangunan Destinasi Pariwisata: Konsep dan Aplikasinya di Indonesia. Yogyakarta: Gava Media
- 9 Suwena, I Ketut dan I Gst Ngr Widyatmaja. Pengetahuan Dasar Ilmu Pariwisata. Denpasar: Udayana University Press
- 10 Unep dan Unwto. Making Tourism More Sustainable: A Guide for Policy Makers, 2005
- 11 Unwto Tourist Safety and Security: Practical Measures for Destinations. Madrid: World Tourism Organization, 2011
- 12 Yoeti Oka A. Ilmu Pariwisata: Sejarah, Perkembangan dan Prospeknya. Jakarta: Pertja, 2001
- 13 Priasukmana, Soetarso dan R. Mohamad Mulyadin. Pembangunan Desa Wisata: Pelaksanaan Undang-Undang Otonomi daerah. Jurnal Info SosialEkonomi. 2001. vol. 2. no. 1. pp. 37–44
- 14 Nuryanti, Wiendu Concept, Perspective and Challenges, makalah bagian dari Laporan Konferensi Internasional mengenai Pariwisata Budaya. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1993.
- 15 Khalik, Wahyu Kajian Kenyamanan dan Keamanan Wisatawan di Kawasan Pariwisata Kuta Lombok. JUMPA. 2014. vol. 1. no.1. pp. 23–42
- 16 Kövéri, István dan Zimányi, Krisztina Safety and Security in the Age of Global Tourism (The changing role and conception of Safety and Security in Tourism). Budapest: Agroinform Publishing House, 2011.
- 17 Stanford, Davina Responsible Tourism, Responsible Tourist: What Makes a Responsible Tourist in New Zealand. Victoria University of Wellington, 2016
- 18 Keputusan Menteri Pariwisata, Pos dan Telekomunikasi Nomor.5/UM.209/MPPT-89 tentang Pedoman Penyelenggaraan Sapta Pesona
- 19 Peraturan Menteri Kebudayaan dan Pariwisata Nomor: PM.04/UM.001/MKP/2008 tentang Sadar Wisata
- 20 Republik Indonesia Undang-Undang Nomor 10 Tahun 2009 Tentang Kepariwisata. Jakarta, 2016

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Topowijono Tourism Study Program, Faculty of Administrative Science, Universitas Brawijaya, Indonesia topo_w_fia@ub.ac.id

Supriono Tourism Study Program, Faculty of Administrative Science, Universitas Brawijaya, Indonesia suprionon-ganjuk@ymail.com

CONTRIBUTION

Topowijono wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Supriono review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.15.2018

ACCEPTED 5.11.2018

Разработка проекта новой продукции для промышленного предприятия «Усть–Катавский вагоностроительный завод им. С.М. Кирова»

Денис А. Шагеев¹ denisshageev@yandex.ru
Кристина А. Гулина¹ krisik94@inbox.ru

¹Русско-Британский Институт Управления, ул. Ворошилова, 12, г. Челябинск, 454014, Россия

Реферат. На современном этапе развития Российским промышленным предприятиям становится важным решением проблем разработки и внедрение в производство новых видов продукции для поддержания высокого уровня конкурентоспособности на рынке. Важность решения указанных проблем возрастает в связи с активной политикой государства в области импортозамещения. В статье описаны основные этапы реализации процедуры формирования, оценки и принятия решения по проекту новой продукции на базе экспертных технологий в форме средних взвешенных оценок для промышленного предприятия «Усть–Катавский вагоностроительный завод им. С.М. Кирова». На основании полученных экспертных суждений дано полное обоснование необходимости такого проекта для предприятия. Продемонстрирован анализ конкурентов для формирования стратегических позиций новой продукции. Разработан календарный план для эффективной организации процесса реализации проекта с учётом закрепления ответственных лиц за выполнение работ. Представлены инвестиционные затраты на разработку и реализацию новой продукции. Сформированы постоянные и переменные затраты проекта для удобства вычисления точки безубыточности и запаса устойчивости бизнеса для новой продукции. В результате получен приемлемый уровень точки безубыточности и высокий уровень запаса устойчивости на основании заданного плана реализации новой продукции на рынке. Произведена идентификация и оценка рисков проекта новой продукции и уточнена величина нормы дисконтирования через премию за риск. Особое внимание уделено финансовому плану, в котором показаны подробные расчёты показателей экономического эффекта эффективности с учётом дисконтирования. На основании полученных расчётных данных сделан вывод о том, что проект новой продукции будет способствовать сохранению устойчивого развития предприятия в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: проект, эффективность, промышленное предприятие, риск, новый продукт

Development of a project of new products for the industrial enterprise "Ust-Katav S. M. Kirov railway car building plant"

Denis A. Shageev¹ denisshageev@yandex.ru
Kristina A. Gulina¹ krisik94@inbox.ru

¹Russian-British Institute Of Management, Voroshilova str., 12, Chelyabinsk, 454014, Russia

Summary. The article presents the results of project development of new products for industrial enterprise «Ust-Katavsk S.M. Kirov railway car plant». It is important at the present stage to solve the problem of developing and implementing the production of new products to maintain high marketability especially within the active government policy of import phase-out. The rationale for necessity of this project for the enterprise is provided. The competitor analysis is demonstrated to form strategic positions of the new production. The schedule of activities for the organization of the process of implementation of the project including the responsible executors for each stage is set up. Investment costs for development and sales of the new products are provided. Fixed and variable costs of the project are formed to conveniently calculate breakeven point and business stability margin for the new products. The result is an acceptable level of breakeven point and high level of stability margin based on the set plan of new product sales at the market. Risks of the new product project are identified and evaluated and the amount of discounting norm through risk premium is specified. Special attention is paid to the financial plan, where detailed calculations of the indicators of economic effect and efficiency are demonstrated. It is concluded that this project will help to maintain sustainable development of the enterprise in the long run.

Keywords: project, efficiency, industrial enterprise, risk, new product

Введение

Для каждого предприятия приоритетной задачей является планирование развития своей хозяйственной деятельности. Для этого необходимо иметь представление о ситуации на рынке и в отрасли, осознавать свои возможности и угрозы, рассчитывать потребность экономических,

трудовых, интеллектуальных ресурсов и методов их восполнения. Важной задачей является сохранение статуса устойчиво развивающегося предприятия. Одним из путей планирования развития хозяйственной деятельности предприятия является разработка и реализация проекта новой продукции.

Для цитирования

Шагеев Д.А., Гулина К.А. Разработка проекта новой продукции для промышленного предприятия «Усть–Катавский вагоностроительный завод им. С.М. Кирова» // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 464–472. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-464-472

For citation

Shageev D.A., Gulina K.A. Development of a project of new products for the industrial enterprise "Ust-Katav railway car building plant. S. M. Kirov». *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 464–472. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-464-472

На предприятии «Усть–Катавский вагоностроительный завод имени С.М. Кирова» – филиал АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» за последний период наблюдается несущественное увеличение выручки от ракетно-космического и трамваестроительного производства. В связи с этим экономическим обстоятельством руководству предприятия были предложены идеи проектов новой продукции, которые помогут увеличить его выручку и открыть новые возможности развития бизнеса.

Данные идеи были сформулированы авторами статьи совместно с высшим руководством предприятия, объединённых в экспертную группу. Все полученные идеи были подвержены критическому анализу, в результате которого произведено их сокращение до трёх: спортивный инвентарь (гантели и гири); металлочерепица; новая модель велосипедов. Критический анализ был осуществлён с учётом таких критериев как: спрос и предложение на рынке; риски; доходность; производственные возможности предприятия; возможность развития бизнеса [2, 3, 10].

Далее, экспертная группа была расширена до 20 человек, в число которых вошли: высшее руководство (финансовый директор,

главный инженер и др.), инженеры и руководители производственных подразделений (сварочного цеха, ракетно–космического и др. цехов); ведущие специалисты отдела маркетинга и управления качеством.

Группа экспертов уточнила критерии оценки трёх отобранных идей проекта новой продукции: уникальность и востребованность продукта; реализуемость идеи; экономическая эффективность; уровень рисков. Следующим действием было присвоение этим критериям весовых значений от 0 до 1. С учётом общеизвестного правила средних взвешенных оценок в сумме значения должны дать единицу. После этого произведена оценка идей проектов новой продукции каждым экспертом по десятибалльной вербально-числовой шкале Е. Харрингтона [7, с. 22]: очень высокая оценка (8–10 баллов); высокая оценка (6,4–8 баллов); средняя оценка (3,7–6,4 балла); низкая оценка (2–3,7 балла); очень низкая оценка (0–2 балла). При помощи расчёта среднеарифметического получены обобщённые экспертные оценки идей по критериям.

Полученный результат работы расширенной экспертной группы представлены в таблице 1.

Таблица 1.
Результаты работы расширенной группы экспертов по оценке и выбору проектных идей новой продукции для развития предприятия

Table 1.
The results of the work of the extended group of experts on the evaluation and selection of design ideas for new products for the development of the enterprise

Критерии выбора и оценки проектных идей новой продукции Selection and evaluation criteria of project ideas for new products	Оценки важности критериев, 0–1 Evaluation of criteria importance, 0-1	Оценка проектных идей новой продукции, баллы Evaluation criteria of project ideas for new products, points					
		Спорт-инвентарь Sports equipment		Велосипед Bicycle		Металлочерепица Metal shingles	
		0–10	2×3	0–10	2×5	0–10	2×7
Уникальность и востребованность продукта Product uniqueness and demand	0,34	5,2	1,77	4,1	1,39	3,5	1,19
Реализуемость идеи Idea feasibility	0,26	3,3	0,86	7,4	1,92	8,8	2,39
Экономическая эффективность Economic efficiency	0,29	4,7	1,36	6,9	2	9,2	2,67
Уровень рисков* Risk level*	0,11	3,8	0,42	3,1	0,34	7,5	0,83
ИтогоTotal:	1,0	⊗	∑4,41	⊗	∑5,65	⊗	∑7,08

*Чем выше оценка тем ниже уровень рисков | The higher the assessment the lower the risk level

По результатам, полученным в таблице 1, наибольшее количество баллов набрала идея проекта новой продукции производство металлочерепицы в 7,08 балла, что соответствует интервалу 6,4–8 баллов (высокая оценка) по шкале Е. Харрингтона.

Действительно, производство металлочерепицы это: один из самых востребованных строительных материалов на рынке Челябинской области; простая технология производства; высокий уровень рентабельности на фоне низкого уровня рисков.

В Челябинской области на 2018 год функционируют 37 предприятий, занимающихся

продажей металлочерепицы. Из этого числа предприятий, занимающихся реальным производством существенно меньшинство. Это завод кровли и фасада «Европрофиль», «Уральский завод металлопрофиля», завод кровли и фасада «Алга» и «ЧЗПСН-Профнастил». Остальное большинство являются посредниками и не относятся к категории прямых конкурентов. В таблице 2 представлен сравнительный анализ конкурентов по следующим критериям: срок ответа заказчику; срок изготовления партий изделия; средняя цена продажи готового изделия; наличие доставки заказа; наличие упаковки заказа.

Таблица 2.

Результаты сравнительного анализа конкурентов*

Table 2.

Results of comparative analysis of competitors*

Предприятия Enterprises	Срок ответа, дни Answer deadline, days	Срок изготовления, дни Production period, days	Средняя цена, руб. Average price, ruble		Доставка shipment	Упаковка packing
			с учетом металла metal included	без учета металла metal not included		
«Усть–Катавский вагоностроительный завод» “Ust-Katav railwaycar building plant”	1	3	38 290	14 290	да	да
Завод кровли и фасада «Европрофиль» “Europrofil” roof and face plant	1	5	39 900	13 500	да	да
«Уральский завод металлопрофиля» “Ural profiled metal plant”	2	3	42 870	16 200	нет	да
Завод кровли и фасада «Алга» “Alga” roof and face plant	2	4	40 000	12 900	да	да
«ЧЗПСН-Профнастил» “Profnastil plant”	4	7	41 400	16 000	нет	нет

*Исследование проводилось методами интервьюирования по телефону и кабинетного исследования официальных интернет источников | The study was conducted by telephone interviewing and desk research of official Internet sources

Результаты проведенного сравнительного анализа конкурентов позволяет нам сформулировать ключевые принципы работы нового производства металлочерепицы на «Усть–Катавский вагоностроительного завода им. С.М. Кирова» на высоком уровне конкурентоспособности. Срок ответа заказчику 1 день; срок изготовления партий изделия 3 дня; средняя цена продажи готового изделия с учётом металла 38 290 руб. и без учёта металла 14 290 руб.; наличие доставки и упаковки на производстве.

Для эффективной разработки и реализации проекта новой продукции был составлен

календарный план, который в сокращённом виде показан в таблице 3.

Далее был составлен финансовый план для проекта новой продукции с учётом базовых рекомендаций стандарта UNIDO [1, 9]. Который состоял из: расчёта ФОТ; смета затрат на обучение; смета затрат на подготовительные работы; организационные затраты; маркетинг; другие сметы затрат. В таблице 4 представлен сокращённый вариант результатов всех указанных смет затрат на разработку и реализацию проекта новой продукции.

Таблица 3.

Календарный план разработки и реализации проекта новой продукции

Table 3.

Calendar plan for the development and implementation of the project of new products

№ п/п	Описание работ Description of works	Даты Начала Start date	Даты окончания Finish date	Ответственные за выполнение Responsible for execution
Подготовительный этап проекта / preparatory stage of the project				
1.1.	Выбор оборудования и условий лизинга Choosing equipment and leasing conditions	01.03.18	4.03.18	Директор, ведущий инженер Director, chief engineer
1.2.	Запрос на покупку оборудования Inquiry for purchase	06.03.18	11.03.18	Менеджер Manager
1.3.	Заключение договора лизинга, перевод первоначального взноса Leasing contract signing, transfer of the first payment	13.03.18	16.03.18	Бухгалтер Accountant
Этап реализации проекта / Implementation stage of the project				
2.1.	Подготовка площадки для оборудования Preparing the site for equipment	16.03.18	26.03.18	Ремонтная бригада Maintenance team
2.2.	Доставка оборудования в цех Delivery of equipment to the shop	26.03.18	13.04.18	Завод-изготовитель Manufacturing plant
2.3.	Установка оборудования Equipment installation	13.04.18	26.04.18	Завод-изготовитель Manufacturing plant
2.4.	Пусконаладочные работы Pre-commissioning	26.04.18	28.04.18	Завод-изготовитель Manufacturing plant
2.5.	Закуп первичного инструмента для обслуживания оборудования Purchase of primary tools	13.05.18	16.05.18	Директор Director
2.6.	Найм новых специалистов Hire of new staff	15.05.18	30.05.18	Отдел кадров Personnel department
2.7.	Переобучение работающих специалистов Retraining of the existing staff	20.03.18	21.04.18	Отдел кадров Personnel department
Заключительный этап / End stage				
3.1.	Реклама и продвижение нового продукта Advertisement and promotion of the new product	03.04.18	31.04.21	Отдел маркетинга Marketing department
3.2.	Запуск нового продукта в производство Production launch	01.05.18	01.05.18	Мастер нового цеха Forman of the new shop

Таблица 4.

Инвестиционные затраты на разработку и реализацию новой продукции

Table 4.

Investment costs for the development and sale of new products

Инвестиционные затраты Investment costs	Суммы, руб. Amount, rubles
Оплата труда работников / Compensation of employees	274 000
Страховые взносы / Insurance	82 200
Переобучение персонала / Staff retraining	120 000
Рабочие станки и механизмы / Machines and equipment	5 831 000
Подготовка помещения / Room preparation	30 000
Доставка оборудования / Equipment delivery	149 000
Пуско-наладочные работы / Pre-commissioning	80 000
Организационные затраты / Organization costs	30 000
Закуп первоначального материала / Purchase of primary material	685 000
Маркетинг / Marketing	1 035 000
Итоги / Total:	8 316 200

В результате сумма инвестиционных затрат составит 8 316 200 рублей. Предприятие будет использовать собственные средства в размере 5 316 200 рублей и заемные (лизинг на 1 год) в размере 3 000 000 рублей. Лизинг предоставляется лизинговым брокером, под 13,91% удорожания в год.

На основании полученных текущих затрат производства новой продукции, показанных в таблице 5, произведён расчёт точки безубыточности и запаса устойчивости бизнеса в рублях и единицах (таблицы 6–7).

Таблица 5.

Текущие затраты производства новой продукции

Table 5.

Current costs of new production

Категория затрат / Cost type	За месяц, руб. / Per month, rubles	За год, руб. / Per annum, rubles
Постоянные затраты Fixed costs FC		
Оплата труда / Remuneration of labor	274 000	3288000
Страховые взносы / Insurance	82 200	986400
Коммунальные платежи внецеховые Utility charge, non-shop	20 000	240000
Платеж по лизингу / Leasing payments	284 775	3417300
Итого: Total	662 748	7931700
Переменные затраты Variable costs VC		
Амортизация / Amortization	69301	831 612
Обслуживание станочного парка Machine pool maintenance	11 050	132 600
Электроэнергия цеха / Shop electricity consumption	22 600	271 200
Расходные материалы / Expendable materials	3 154 099	37 849 188
Итого / Total:	3 257 050	39 084 600

Таблица 6.

Результаты расчёта среднемесячного значения точки безубыточности производства и продажи новой продукции в единицах

Table 6.

Results of calculation of the average monthly value of break-even point of production and sale of new products in units

Наименование продукта Product	Металлочерепица 0,3 мм толщиной Metal shingles 0.3 mm thick	Металлочерепица 0,45 мм толщиной Metal shingles 0.45 mm thick	Металлочерепица 0,5 мм толщиной Metal shingles 0.5 mm thick	Итого Total
Цена одной единицы Ц, руб. Unit price P, ruble	70 840	74 060	75 670	220 570
Затраты переменные на одну единицу Z _{пер} , руб. Variable costs per unit VCPU, ruble	45 450	47 450	48 450	141 350
Прогноз продаж в среднем за месяц ОП, единиц Sales forecast average per month SF, unit	21	23	25	69
Прогноз продаж в среднем за месяц Д, руб. Sales forecast average per month R, ruble	1 518 000	1 713 960	1 880 940	5 112 900
Общие затраты переменные Z _{пер.об} , руб. Variable costs VC, ruble	954 450	1 091 350	1 211 250	3 257 050
Доля в общем объёме реализации К Fraction in total sales K	0,30	0,34	0,36	1
Расчёт точки безубыточности в натуральном выражении по формуле Calculation of breakeven point in physical terms according to the formula ТБ(объём) = $\frac{Z_{\text{пост}} \times K}{C - Z_{\text{пер}}}$, ед. BP(unit) = $\frac{FC \times K}{P - VC}$, unit	$\frac{662\,748 \times 0,30}{70\,840 - 45\,450} = 7$	$\frac{662\,748 \times 0,34}{74\,060 - 47\,450} = 8$	$\frac{662\,748 \times 0,36}{75\,670 - 48\,450} = 9$	24

Расчёт среднемесячных значений точки безубыточности и запаса устойчивости бизнеса проекта производства новой продукции в единицах и рублях

Table 7.

Calculation of average monthly values of break-even point and business sustainability reserve of the project of new products production in units and rubles

Показатели Terms	Решения по формулам Formulae solutions	Результаты Results
Точка безубыточности в денежном выражении, руб. Breakeven point in monetary form, ruble	$ТБ(руб.) = \frac{З_{\text{пост}}}{1 - (З_{\text{пер}}/Ц)} = \frac{662\,748}{1 - (141\,350/220\,570)} =$ $BP(\text{ruble}) = \frac{FC}{1 - (VC/P)}$	1 840 966
Запас устойчивости бизнеса в денежном выражении, % Business stability margin in monetary form, %	$ЗУБ(руб.) = \frac{(Д - ТБ(руб.))}{Д} \times 100\% =$ $= \frac{(5\,112\,900 - 1\,840\,966)}{5\,112\,900} \times 100\% =$ $BSM(\text{ruble}) = \frac{(R - BP(\text{ruble}))}{R}$	63,9
Запас устойчивости бизнеса в натуральном выражении, % Business stability margin in physical terms, %	$ЗУБ(\text{объём}) = \frac{(ОП - ТБ(\text{объём}))}{ОП} \times 100\% =$ $= \frac{69 - 24}{69} \times 100\% =$ $BSM(\text{unit}) = \frac{(SF - BP(\text{unit}))}{SF}$	64,2

В среднем за месяц необходимо выполнять план продаж на сумму не менее 1 840 966 руб. В таком случае предприятию удастся избежать убытков, но и чистая прибыль будет равна 0 рублей. Чтобы получать чистую прибыль, руководству предприятия необходимо произвести более чем 24 листов металлочерепицы, на сумму более 1 840 966 рублей. По расчётным прогнозным значениям доходов и точки безубыточности, запас устойчивости бизнеса составил 63,9–64,2%. Полученное значение свидетельствует о высоком уровне устойчивости бизнеса по производству и реализации новой продукции.

Завершающим действием разработки проекта новой продукции для промышленного предприятия «Усть-Катавский вагоностроительного завода им. С.М. Кирова» была оценка экономической эффективности и эффекта.

Экономическая эффективность – это отношение результатов проекта и произведенными для их получения затрат, является относительным показателем, измеряемым в % (например, 10%) или коэффициентах (например, 0,1). Например, показатель индекса доходности (рентабельности) [4, с. 34].

Экономический эффект – это разность между результатами проекта и произведенными для их получения затратами, является абсолютным показателем, измеряемый в денежных единицах. Например, показатель чистого дохода измеряется в рублях [4, с. 34].

Различают положительный и отрицательный эффект и эффективность в зависимости от полученных результатов расчёта.

Одним из важных показателей оценки эффективности и эффекта инвестиционного проекта является коэффициент дисконтирования (d_t) [4, с. 49, 9]:

$$d_t = \frac{1}{(1+i/4)^t}, \quad (1)$$

где i – ставка дисконтирования, доли единиц, %; $i/4$ – значение ставки дисконтирования в квартал; t – порядковый номер шага расчёта, квартал (принятое значение для данного проекта).

Для определения ставки дисконтирования обычно используют следующую формулу [5, с. 96]:

$$i = i_B + i_I + i_{\text{пр}}, \quad (2)$$

где i_B – базовая ставка, доли единиц, %; i_I – индекс потребительских цен, доли единиц, %; $i_{\text{пр}}$ – премия за риск, доли единиц, %.

Для проекта новой продукции были приняты следующие значения компонентов ставки дисконтирования: базовая ставка Банка России 7,25%; индекс потребительских цен 2,2%; премия за риск 11,5%. В результате получаем следующее значение ставки дисконтирования по формуле (2):

$$i = 7,25 + 2,2 + 11,5 = 20,95 \%$$

Премия за риск была вычислена при помощи экспертного метода и специальной матрицы оценки рисков (таблица 8) с привлечением той же расширенной группы.

Таблица 8.

Реестр результатов оценки рисков и премии за риск для проекта новой продукции

Table 8.

Register of results of risk assessment and risk premium for the project of new products

№ п/п	Формулировки рисков проекта Project risk statements	Вероятность Probability	Воздействие Interference	Общие оценки рисков General risk assessment
1.	Повышение стоимости сырья / Higher costs of raw materials	0,3	0,20	0,05
2.	Рост цен на коммунальные услуги / Higher utility bills	0,3	0,10	0,24
3.	Неполучение сырья в срок поставки Delayed delivery of raw materials	0,1	0,10	0,12
4.	Изменение налоговой ставки / Changed taxation	0,1	0,05	0,14
5.	Повреждение оборудования при транспортировке и установке Equipment damage during delivery and installation	0,1	0,05	0,06
6.	Низкое качество продукции / Low product quality	0,1	0,05	0,06
Среднее значение премии за риск (i _{пр}): Average risk premium				0,115

Результат работы группы экспертов представлен в таблице 9 в форме реестра рисков.

Таблица 9.

Матрица оценки вероятности и воздействия рисков на проект [6, с. 33, 8]

Table 9.

Matrix of probability and risk impact assessment on the project [6, p. 33, 8]

Вероятность ↓ Probability	Общая оценка риска (вероятность x воздействие) General risk assessment (probability times interference)				
0,9	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72
0,7	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56
0,5	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40
0,3	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24
0,1	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08
Воздействие → Interference	0,05	0,1	0,2	0,4	0,8

*Обозначения:

Symbols

	– зона низкого риска; low risk zone
	– зона среднего риска; average risk zone
	– зона высокого риска; high risk zone

Денежные потоки и расчёт показателей экономического эффекта с учётом их временной ценности показаны в таблице 10.

На основании полученных данных таблицы 10 произведём вычисления показателей экономической эффективности разработки новой продукции на «Усть-Катавский вагоностроительный завод им. С.М. Кирова» в таблице 11.

В результате выполненных расчётов индекс доходности получен в размере 1,16 (удовлетворяет условие $1,16 > 1$). Это значит, что на каждый вложенный рубль предприятие получит чистый доход в 16 копеек от реализации проекта новой продукции. Уровень рентабельности проекта 24%. Срок окупаемости 3,42 квартала. В течении этого срока окупятся инвестиции, вложенные в разработку новой продукции с учётом текущих затрат. Обычная и модифицированная внутренняя норма доходности проекта существенно выше ставки дисконтирования $92 (150\%) > 20,95\%$ и других альтернативных норм доходности. Результирующий чистый дисконтированный доход проекта новой продукции за расчётный период составил 10 324 627 руб.

Таблица 10.

Денежные потоки и расчёт итоговых показателей экономического эффекта разработки новой продукции с учётом дисконтирования, руб.

Table 10.

Cash flows and calculation of the final indicators of economic effect of new products development with discount, ruble

Периоды, кварталы Periods, I	t	1	2	3	4	5	6	7	Итоги: Total
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Инвестиции Investments	$I_t I_t$	8316200	–	–	–	–	–	–	8316200
Доходы Revenue	$D_t R_t$	–	15466200	15466200	15466200	15466200	15466200	15466200	92797200
Затраты Costs	$Z_t C_t$	–	11759394	11759394	11759394	11759394	11759394	11759394	70556364

Продолжение табл. 10 / Continuation of Table 10

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэф-ты дис-ия Discounting coefficients	d_t	0,9523	0,9090	0,8695	0,8333	0,8000	0,7692	0,7407	
Инвестиции с дисконтом Investments with discount	$I_{dt}=I_t \times d_t$ $I_{dt}=I_t \times d_t$	7919517	-	-	-	-	-	-	
Доходы с дисконтом Revenue with discount	$D_{dt}=D_t \times d_t$ $R_{dt}=R_t \times d_t$	-	14058775	13447860	12887984	12372960	11896601	11455814	
Затраты с дисконтом Costs with discount	$3_{dt}=3_t \times d_t$ $C_{dt}=C_t \times d_t$	-	10688931	10224793	9799103	9407515	9045325	8710183	
Чистые дисконтированные доходы Netpresentvalue	$NPV_t =$ $R_{dt} - C_{dt} - I_{dt}$	-7919517	3369844	3223067	3088881	2965445	2851276	2745631	10324627
Чистые дисконтированные доходы с нарастающим итогом Netauto-incremental present value	$\overline{NPV}_t =$ $= NPV_t + \overline{NPV}_{t-1}$	-7919517	-4549673	-1326606	1762275	4727720	7578996	10324627	

Таблица 11.

Расчёт показателей экономической эффективности разработки новой продукции

Table 11.

Calculation of indicators of economic efficiency of new products development

Показатели Terms	Решения по формулам Formulaesolutions	Результаты results
Дисконтированный индекс доходности проекта, доли единиц (руб.) Discounted profitability index of the project, decimal quantity (ruble)	$ДИД = \frac{\sum D_{dt}}{\sum 3_{dt} + \sum I_{dt}} = \frac{76\ 119\ 994}{57\ 875\ 850 + 7\ 919\ 517} =$ $DPI = \frac{\sum R_{dt}}{\sum C_{dt} + \sum I_{dt}}$	1,16
Общий уровень рентабельности проекта, % General level of project profitability, %	$ДР = \frac{ЧДД}{\sum D_{dt}} \times 100\% = \frac{18\ 244\ 144}{76\ 119\ 994} \times 100\% =$ $DPRO = \frac{NPV}{\sum R_{dt}} \times 100\%$	24
Дисконтированный срок окупаемости проекта, квартал Discounted period of project pay back, quarter	$ДСО = (t - 1) + \left \frac{ЧДД_{t-1}}{ЧДД_t} \right = (4 - 1) + \left \frac{-1\ 326\ 606}{3\ 088\ 881} \right $ $DPP = (t - 1) + \left \frac{\overline{NPV}_{t-1}}{NPV_t} \right $	3,42
Внутренняя норма доходности проекта, % Project internal rate of return, %	$ВНД > i = 150\% > 20,95\%$ IRR	150
Модифицированное значение внутренней нормы доходности, % Modified value of rate of return, %	$МВНД > i = 92\% > 20,95\%$ MIRR	92
Чистый дисконтированный доход проекта, руб. Net discounted project revenue, ruble	$ЧДД = \sum D_{dt} - \sum 3_{dt} - \sum I_{dt} = 76\ 119\ 994 -$ $- 57\ 875\ 850 - 7\ 919\ 517 =$ $NPV = \sum R_{dt} - \sum C_{dt} - \sum I_{dt}$	10 324 627

Заключение

В статье рассмотрены практические аспекты проекта новой продукции в виде металлочерепицы для промышленного предприятия «Усть–Катавский вагоностроительный

завод им. С.М. Кирова». Этот проект позволит руководству сформировать новое бизнес направление и повысить устойчивость развития предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гитман Л.Дж., Джонк М.Д. Основы инвестирования. М.: Дело, 1997. 1008 с.

2. Мескон М., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента. М.: Вильямс, 2016. 665 с.

3. Минцберг Г., Альстранд Б., Лампель Ж. Стратегическое сафари: Экскурсия по дебрям стратегического менеджмента. М.: Альпина Паблишер, 2013. – 367 с.

4. Шагеев Д.А. Управление проектами. Рабочая тетрадь проектной группы № 2. Челябинск: ЧОУВО РБИУ, 2016. 76 с.

5. Шагеев Д.А. Повышение эффективности инвестиционного проекта промышленного предприятия при помощи управления денежными потоками // Вестник МГУ. Серия 6 «Экономика». 2017. № 2. С. 90–107.

6. Шагеев Д.А. Основы управления проектами. Рабочая тетрадь проектной группы. Челябинск: ЧОУВО РБИУ, 2016. 61 с.

7. Шагеев Д.А. Управление развитием промышленного предприятия по показателям дисбаланса целевых характеристик. Челябинск, 2014. 229 с.

8. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide): An American National Standard ANSI/PMI 99-001-2013, Project Management Institute, Inc. No. ANSI/PMI 99-001-2013. Fifth edition. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, Inc., 2013. 618 p.

9. Berens W., Havranek P.M. Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies. UNIDO. Vienna, 1991.

10. Mitchell R.K., Agle B.R., Wood D.J. Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts // Academy of Management Review. 1997. V. 22. № 4. P. 853–886.

11. Плахин А.Е., Кокотихин А.Ю., Огородникова Е.С., Суслов С.А. Оценка влияния инфраструктурных проектов на развитие территории // Вестник НГИЭИ. 2017. № 11 (78). С. 139-147.

REFERENCES

1. Gitman L.J., Joehnk M.D. Osnovy investirovaniia [Fundamentals of Investing] Moscow, Delo, 1997. 1008 p. (in Russian)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Денис А. Шагеев к.э.н., доцент, кафедра экономики и управления, Русско-Британский Институт Управления, ул. Ворошилова, 12, г. Челябинск, 454014, Россия, denisshageev@yandex.ru

Кристина А. Гулина студент, бакалавриат, Русско-Британский Институт Управления, ул. Ворошилова, 12, г. Челябинск, 454014, Россия, krisik94@inbox.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Денис А. Шагеев предложил методику расчёта для проекта новой продукции, обзор литературных источников по исследуемой проблеме

Кристина А. Гулина выполнила расчёты, написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 11.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 22.04.2018

2. Meskon M., Albert M., Chedouri F. Osnovy menedzhmenta [Fundamentals of management] Moscow, Viliams, 2016. 665 p. (in Russian)

3. Mintzberg G., Ahlstrand B., Lampel J. Strategicheskoe safari Ekskursiia po debriam strategicheskogo menedzhmenta [Strategy Safari: A Guided Tour Through The Wilds of Strategic Management] Moscow, Alpina Publisher, 2013. 367 p. (in Russian)

4. Shageev D.A. Upravlenie proektami Rabochaia tetrad proektnoi grupy 2 [Project management. Workbook of group № 2]. Chelyabinsk, RBIM, 2016. (in Russian)

5. Shageev D.A. Increasing the investment project efficiency of the industrial enterprise through cash flow management. *Vestnik MGU Seriya 6 Ekonomika* [Moscow University Economics Bulletin, Series 6 “Economics”] 2017. no. 2. pp. 90–107. (in Russian)

6. Shageev D.A. Osnovy upravleniia proektami Rabochaia tetrad proektnoi grupy [Basis Project management. Workbook of group]. Chelyabinsk, RBIM, 2016. (in Russian)

7. Shageev D.A. Upravlenie razvitiem promyshlennogo predpriiatiia po pokazateliam disbalansa tselevykh kharakteristik [Management of industrial enterprise development through performance goals imbalance indices. Unpublished manuscript] Chelyabinsk, 2014. (in Russian)

8. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide): An American National Standard ANSI/PMI 99-001-2013, Project Management Institute, Inc. No. ANSI/PMI 99-001-2013. Fifth edition. Pennsylvania, USA: Project Management Institute, Inc., 2013. 618 pp.

9. Berens W., Havranek P.M. Manual for the Preparation of Industrial Feasibility Studies. UNIDO. Vienna, 1991.

10. Mitchell R.K., Agle B.R., Wood D.J. Toward a theory of stakeholder identification and salience: defining the principle of who and what really counts. *Academy of Management Review*. 1997. vol. 22. no. 4. pp. 853–886.

11. Plakhin A.E., Kokovikhin A.Yu., Ogorodnikova E.S., Suslov S.A. Evaluation of the Influence of Infrastructure Projects on Territory Development // *Vestnik NГИЭИ*. 2017. no. 11 (78). pp. 139-147. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Denis A. Shageev Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Russian-British Institute Of Management, Voroshilova str., 12, Chelyabinsk, 454014, Russia, denisshageev@yandex.ru

Christina A. Gulina bachelor student, Russian-British Institute Of Management, Voroshilova str., 12, Chelyabinsk, 454014, Russia, krisik94@inbox.ru

CONTRIBUTION

Denis A. Shageev proposed a calculation method for the project of new products, review of the literature on an investigated problem

Christina A. Gulina performed calculations, wrote the manuscript, corrected it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.11.2018

ACCEPTED 4.22.2018

Реорганизация технологии и порядка проведения ипотечных сделок

Наталья Н. Кудрявцева	¹	konnat@mail.ru
Юлия В. Пахомова	²	yulia198007@mail.ru
Юлия Н. Дуванова	³	dyvanova@mail.ru

¹ Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия

² Воронежский государственный технический университет, ул. Московский проспект, 14, г. Воронеж, Россия

³ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, 394036, г. Воронеж, Россия

Реферат. В статье рассмотрена структура ипотечного кредитования ПАО «ВТБ24», представлены функции отдела ипотечного кредитования и отдела заключения и сопровождения ипотечных сделок. Анализируется схема проведения ипотечной сделки и приводятся её достоинства и недостатки. На сегодняшний момент велика вероятность дальнейшего свертывания банковских лицензий и перетекания средств вкладчиков в более крупные банки под меньшие проценты. При этом Центральный банк допускает падение прибыли от банковской деятельности в 2 раза – до уровня 300 млрд. рублей в год. На современном этапе развития экономики России банковский сектор уже не переживает период бурного роста, как это было полтора годами ранее. Однако кредитные организации продолжают медленно наращивать объемы ссудных операций, стараясь обеспечить тем самым постепенное насыщение российского рынка банковских услуг. В основе роста активов российских банков лежит увеличение объема предоставленных кредитов. Кредитование экономики и населения прочно заняло место основного вида банковской деятельности. Наиболее быстро развивавшимся сегментом рынка кредитных услуг является кредитование населения. Рынок ипотечного кредитования следует рассматривать в рамках взаимодействия между рынком банковских услуг, рынком недвижимости, рынком страхования и рынком ценных бумаг и их производных. Уровень развития ипотечного рынка напрямую зависит от уровня развития данных рынков. Они являются взаимосвязанными и взаимозависимыми элементами единой ипотечной системы в стране. В свою очередь, рынок ипотечного кредитования также можно рассматривать как необходимый элемент вышеуказанных рынков.

Ключевые слова: управление, методика, предприятие, стратегия, экономика

Reorganization of the technology and procedures for conducting mortgage transactions

Natal'ya N. Kudryavtseva	¹	konnat@mail.ru
Yuliya V. Pakhomova	²	yulia198007@mail.ru
Yuliya N. Duvanova	³	dyvanova@mail.ru

¹ Air Force, Military Training and Research Center of the Air Force, Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovskiy and Y. A. Gagarin, Starich Bolshevnikov str., 54a, Vorone

² Voronezh state technical university, Moskovsky av., 14, Voronezh, Russia

³ Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. The article considers the structure of mortgage lending of PJSC "VTB24", presents the functions of the Department of mortgage lending and the Department of conclusion and support of mortgage transactions. The scheme of the mortgage transaction is analyzed and its advantages and disadvantages are given. At the moment, there is a high probability of further curtailment of Bank licenses and the flow of depositors' funds to larger banks at lower interest rates. At the same time, the Central Bank allows for a 2 – fold drop in profits from banking activities to the level of 300 billion rubles a year. At the present stage of development of the Russian economy, the banking sector is no longer experiencing a period of rapid growth, as it was a year and a half earlier. However, credit institutions continue to slowly increase the volume of lending operations, thus trying to ensure the gradual saturation of the Russian market of banking services. The growth of assets of Russian banks is based on the increase in the volume of loans granted. Lending to the economy and the population has firmly taken the place of the main type of banking activity. The most rapidly developing segment of the credit services market is lending to the population. The mortgage market should be considered as part of the interaction between the banking market, the real estate market, the insurance market and the securities market and their derivatives. The level of development of the mortgage market depends on the level of development of these markets. They are interrelated and interdependent elements of a single mortgage system in the country. In turn, the mortgage market can also be seen as a necessary element of the above markets

Keywords: management, technique, enterprise, strategy, economy

Введение

Как известно, экономические кризисы в первую очередь бьют по банковской сфере. И главная проблема тут – недостаток ликвидности и отсутствие дешевых и «длинных» денег. В период кризиса большинство банков начинают более жестко вести бизнес, кроме того кризис способствует завоеванию новых стратегических преимуществ [2, 4].

Для цитирования

Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н. Реорганизация технологии и порядка проведения ипотечных сделок // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 473–477. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-473-477

Разработка схемы проведения ипотечной сделки в ПАО «ВТБ 24»

Структурно центр ипотечного кредитования делится на две части: фронт – линия и БЭК-зона. Фронт – линия, под руководством начальника ОИК, занимается привлечением клиентов, работой с застройщиками и риэлторами, организацией и проведением пиар-акций и кампаний, участием в выставках и тематических конференциях,

For citation

Kudryavtseva N.N., Pakhomova Ju.V., Duvanova Ju.N. Reorganization of the technology and procedures for conducting mortgage transactions. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 473–477. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-473-477

проведением презентаций и в конечном счете сбором заявок на ипотечные продукты. Кредитные аналитики в составе этого же отдела следят за качеством портфеля, взвешивая риски в соответствии с текущими экономическими ситуациями [3].

БЭЖ-линия, под руководством начальника ОЗиСИС занимается оформлением ипотечных сделок привлеченных клиентов и дальнейшим сопровождением ипотечного портфеля.

В их задачи входит оформление договоров по принятым положительным решениям, контроль соблюдения заемщиками обязательств по заключенным договорам (в частности, контроль наличия действующего договора комплексного ипотечного страхования), оформление сделок с клиентами в федеральной регистрационной службе, подготовка и выдача закладных после погашения ипотечных обязательств (рисунок 1).

Схема проведения ипотечной сделки в ПАО «ВТБ 24» представлена на рисунке 2.

Собственник объекта недвижимости должен отвечать следующим требованиям:

1. Продавец – физическое лицо: должно быть дееспособным; быть не ограниченным в возможностях самостоятельного принятия решения; не состоять на учете в психоневрологическом (ПНД) и наркологическом диспансерах (НД); право собственности продавца должно отвечать требованиям, предъявляемым Банком к объектам недвижимости, приобретаемым с использованием кредитных средств; в случае, когда продавцом квартиры выступает нерезидент (иностранец) представляется нотариально-удостоверенный перевод необходимых для сделки документов (паспорт, свидетельство о заключении брака и т. д.);

на сделке обязательно присутствие квалифицированного переводчика со всеми необходимыми документами (в том числе документами, подтверждающими наличие высшего лингвистического (филологического) образования) либо написанное собственноручно продавцом заявление о свободном владении русским языком и отказе от услуг переводчика.

2. Продавец – юридическое лицо:

– Быть зарегистрированным в соответствии с действующим законодательством;

– Единоличный исполнительный орган юридического лица должен обладать необходимыми полномочиями и быть избранным в соответствии с учредительными документами юридического лица;

– Предоставляются дополнительные документы в соответствии с требованием Банка.

Право собственности на объект недвижимости (предмет ипотеки) должно отвечать следующим требованиям: законности (право собственности на Объект недвижимости (Предмет ипотеки) должно быть подтверждено документами, оформленными в соответствии с Действующим законодательством, копии которых в обязательном порядке предоставляются в Банк); отсутствие обременений права собственности на Объект недвижимости (Предмет ипотеки) (зalog, рента, найм и т. д.) на момент государственной регистрации залога (ипотеки) в пользу Банка; отсутствие прав притязаний и заявленных в судебном порядке прав требования;

Отсутствие иных прав и претензий третьих лиц на Объект недвижимости (Предмет ипотеки), способных в дальнейшем повлечь ограничение или обременение права собственности Заемщика и / или права залога Банк.

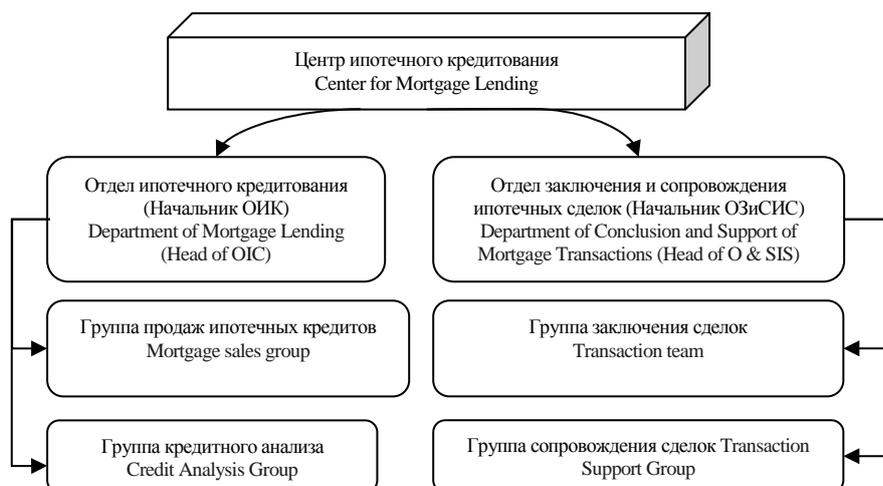


Рисунок 1. Структура центра ипотечного кредитования в ПАО «ВТБ24»

Figure 1. Structure of the center of mortgage lending in PJSC VTB 24

Документы, представляемые в Банк и Страховую компанию: Правоустанавливающие документы. Кадастровый паспорт, выданный органом, осуществляющим инвентаризационный учет (включая копию поэтажного плана квартиры и экспликацию). Выписка из домовой книги или иного документа о лицах, зарегистрированных по адресу Объекта недвижимости, выданные уполномоченным органом не более 1 месяца назад. Финансово-лицевой счет (характеристика жилого помещения), выданная уполномоченным органом не более 1 месяца назад. Справка из налогового органа об отсутствии задолженности по уплате налога на имущество, переходящее в порядке дарения или наследства (необходима при условии, что наследство или дарение было оформлено до 01.01.2006 г., однако отношения дарения это распространяется только при условии, что между дарителем и одаряемым имеется близкое родство).

Копии паспортов (свидетельств о рождении) продавцов Объекта (все страницы включая

незаполненные). Разрешение органов опеки и попечительства на отчуждение.

Документы по объекту недвижимости приобретаемого в собственность несовершеннолетнего по решению органов опеки и попечительства (копии правоустанавливающих документов, выписка из домовой книги).

Архивная выписка из домовой книги, содержащей сведения обо всех лицах, зарегистрированных и снятых с регистрационного учета по адресу Объекта недвижимости с момента постройки дома – в случае если Объект недвижимости был приобретен в собственность в порядке приватизации (по дополнительному запросу).

Нотариально удостоверенное согласие супруги(а) на продажу квартиры, копию паспорта супруги(а) и копию свидетельства о заключении брака – в случае если право собственности на Объект недвижимости было приобретено в браке. Дополнительные документы (по запросу после анализа представленного пакета документов на объект).

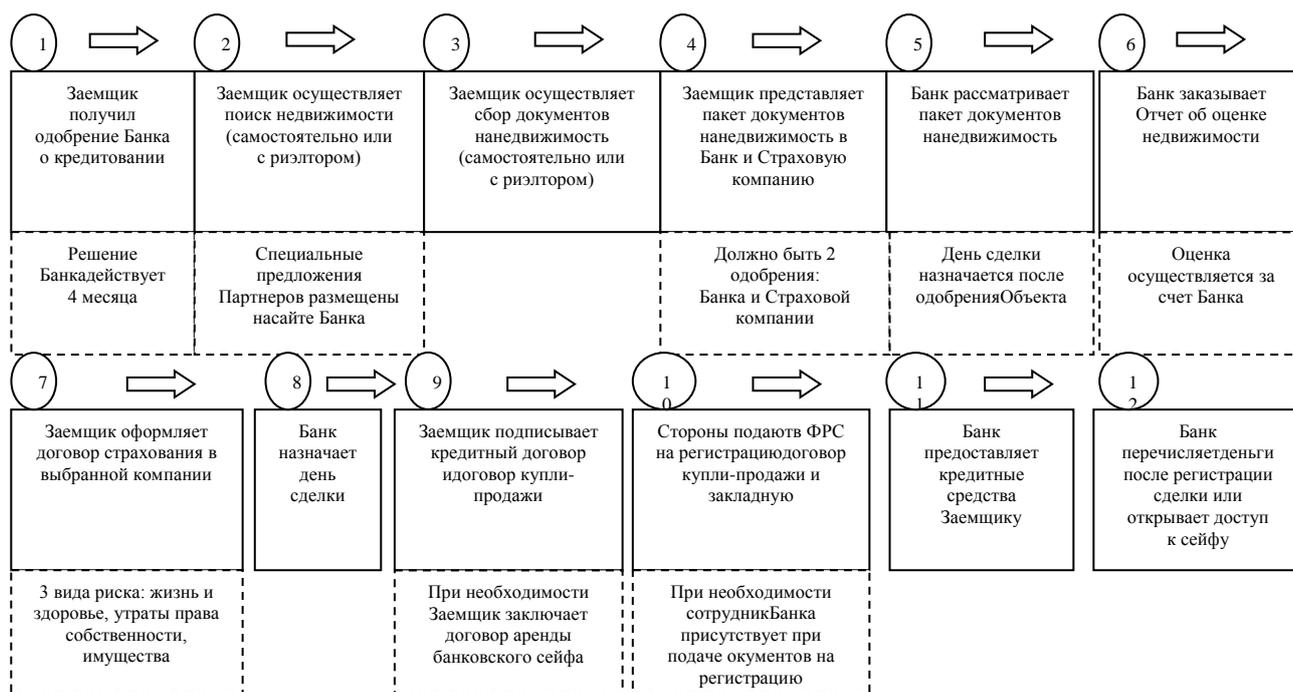


Рисунок 2. Схема проведения ипотечной сделки в ПАО «ВТБ 24»

Figure 2. The scheme of carrying out the mortgage transaction in PJSC VTB 24

Заключение

Действующая схема ипотечного кредитования в ПАО «ВТБ24» обладает достоинствами и недостатками.

Достоинства: высокий уровень специализации, позволяющий избегать операционных рисков, высокий уровень ответственности, позволяющий выявить и устранить «слабые звенья» структуры, высокий уровень персональной

ответственности, четкие, узкие, немногочисленные задачи, позволяющие выполнять их качественно и в срок.

Недостатки: низкий уровень взаимозаменяемости, вытекающий из высокой специализации, создающий предпосылки для проблем при отсутствии по разным причинам одного из звеньев цепочки, низкий уровень вовлеченности отделов сопровождения в задачи по продажам ввиду отсутствия таких задач в системе премирования.

ЛИТЕРАТУРА

1 Кудрявцева Н.Н., Кудрявцев В.А., Пахомова Ю.В. Оценка структуры розничного кредитного портфеля в ПАО «ВТБ24» и анализ ипотечного кредитования // Организационно – экономические и управленческие аспекты функционирования и развития социально-экономических систем в условиях инновационной экономики: сб. науч. тр. по материалам всероссийской науч.-практ. конф. Воронеж: ВГТУ, 2017. С. 80–89

2 Кудрявцева Н.Н., Кудрявцев В.А., Пахомова Ю.В., Дуванова Ю.Н. Исследование потребительского кредитования в ПАО АКБ «Металлин-вестбанк» за 2014–2016 гг // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2017. №4. С 314–321;

3 Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В. Анализ депозитных операций в банке ВТБ24 (ПАО) [Текст] // Трансформация экономики, финансов и учета: Сб. науч. трудов по материалам I Междун. науч.-практич. конф. 2017. С. 229–236.

4 Салова Г.Ф., Пахомова Ю.В. Оценка эффективности инноваций: учеб. пособие. Воронеж: ГОУВПО «Воронежский гос. технический ун-т», 2007. 174 с.

5 Кудрявцева Н.Н., Пахомова Ю.В. Стратегии менеджмента в управлении предприятием рынка услуг // Материалы IV междун. науч.-практ. конф. Саратов, 2014. С. 73–74

6 Дуванова Ю.Н., Чайковская Л.Н., Власов А.Б., Летуновский К.П. Угрозы экономической безопасности предприятия // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2014. № 4 (9). С. 188.

7 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012. P. 21–25.

8 Brettel M. et al. Cross-functional integration of R&D, marketing, and manufacturing in radical and incremental product innovations and its effects on project effectiveness and efficiency // Journal of Product Innovation Management. 2011. V. 28. № 2. P. 251–269.

9 Senor D. Start-up Nation, 2016. 198 p.

10 Global Construction 2020 URL: <https://www.worldcement.com/the-americas/25082011/global-construction-2020/>

11 Senor Dan Start-up Nation, 2016. 198 p.

12 Korea's 'Clean Construction System' enhancing transparency in public construction shared with Ukraine. URL : http://www.undp.org/content/seoul_policy_center/en/home/presscenter/articles/2016/06/23/koreas-clean-construction-system-for-enhancing-transparency-in-public-construction-shared-with-ukraine-0.html

13 Brunswicker S., Vanhaverbeke W. Open innovation in small and medium-sized enterprises (SMEs): External knowledge sourcing strategies and internal organizational facilitators // Journal of Small Business Management. 2015. V. 53. № 4. P. 1241–1263.

14 Grošelj P., Stim L.Z., Ayrilmis N., Kuzman M.K. Comparison of some aggregation techniques using group analytic hierarchy process // Expert Systems with Applications. 2015. V. 42, № 4. P. 2198–2204

15 B. Zhu, Zeshui Xu Analytic hierarchy process-hesitant group decision making // European Journal of Operation Research. 2014. V. 239, № 3. P. 794–801

REFERENCES

1 Kudryavtseva N. N., Kudryavtsev, V. A., Pakhomov Yu. V. evaluation of the structure of the retail loan portfolio of PJSC "VTB 24" and the analysis of mortgage lending. Organizatsionno ekonomicheskie i upravlencheskie aspekty funktsionirovaniia i razvitiia sotsialno-ekonomicheskikh sistem v usloviakh innovatsionnoi ekonomiki sb nauch tr po materialam vsrossiiskoi nauch -prakt konf [Organizational – economic and upravlencheskaya functioning and development of socio-economic systems in the innovation economy: collection of scientific works. Tr. according to the materials of all-Russian scientific.- practice. Conf.] Voronezh, VGTU, 2017. pp. 80-89 (in Russian)

2 Kudryavtseva N. N., Kudryavtsev V. A., Pakhomova Yu. V., Duvanova Yu. N. Study of consumer lending in PJSC JSCB "Metallinvestbank" for 2014-2016. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh state University of engineering technologies] 2017. no. 4. pp. 314-321. (in Russian)

3 Kudryavtseva N. N., Pakhomova Yu. V. analysis of Deposit operations in bankevtb24 (PAO). Transformatsiia ekonomiki finansov i ucheta [Transformation of economy, Finance and accounting: Sat. science. proceedings of the I International. science.-practical. Conf.] 2017. pp. 229-236. (in Russian)

4 Salov G. F., Pakhomov Yu. V. Otsenka effektivnosti innovatsii [Estimation of efficiency of innovations: proc.benefit] Voronezh, GOUVPO "the Voronezh state technical University", 2007. 174 p. (in Russian)

5 Kudryavtseva N. N., Pakhomova Yu. V. management Strategies in the management of enterprise services market. Materialy IV mezhdun nauch -prakt konf [Materials IV Intern. science.- practice. Conf.] Saratov, 2014. pp. 73-74 (in Russian)

6 Duvanov Yu. N., Chaykovskaya, L. N., Vlasov A. B., he K. P. threats to the economic security of the enterprise. *EIU* [Economics. Innovations. Quality management] 2014. no. 4 (9). pp. 188. (in Russian)

7 Kihn M. House of lies: how management consultants steal your watch and then tell you the time. 2012. pp. 21–25.

8 Brettel M. et al. Cross-functional integration of R&D, marketing, and manufacturing in radical and incremental product innovations and its effects on project effectiveness and efficiency. *Journal of Product Innovation Management*. 2011. vol. 28. no. 2. pp. 251–269.

9 Senor D. Start-up Nation, 2016. 198 p.

10 Global Construction 2020 Available at: <https://www.worldcement.com/the-americas/25082011/global-construction-2020/>

11 Senor Dan Start-up Nation, 2016. 198 p.

12 Korea's 'Clean Construction System' enhancing transparency in public construction shared with Ukraine. Available at : http://www.undp.org/content/seoul_policy_center/en/home/presscenter/articles/2016/06/23/koreas-clean-construction-system-for-enhancing-transparency-in-public-construction-shared-with-ukraine-0.html

13 Brunswicker S., Vanhaverbeke W. Open innovation in small and medium-sized enterprises (SMEs): External knowledge sourcing strategies and internal organizational facilitators. *Journal of Small Business Management*. 2015. vol. 53. no. 4. pp. 1241–1263.

14 Grošelj P., Stim L.Z., Ayrilmis N., Kuzman M.K. Comparison of some aggregation techniques using group analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*. 2015. vol. 42, no. 4. pp. 2198–2204

15 B. Zhu, Zeshui Xu Analytic hierarchy process-hesitant group decision making. *European Journal of Operation Research*. 2014. vol. 239, no. 3. pp. 794–801

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Наталья Н. Кудрявцева к.э.н., доцент, кафедра управления материально-техническим обеспечением ВВС, Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54а, г. Воронеж, Россия, konnat@mail.ru

Юлия В. Пахомова к.э.н., доцент, кафедра инженерной экономики, Воронежский государственный технический университет, Московский пр-т, 14, г. Воронеж, Россия, yulia198007@mail.ru

Юлия Н. Дуванова к.э.н., доцент, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, Россия, dyvanova@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 21.03.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 25.04.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Natal'ya N. Kudryavtseva Cand. Sci. (Econ.), associate professor, logistics management department, Air Force Academy named after Professor N. Zhukovskiy and Yu. Gagarin, Old Bolsheviks str., 54a, Voronezh, Russia, konnat@mail.ru

Yuliya V. Pakhomova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Engineering Economics department, Voronezh state technical university, Moskovsky av., 14, Voronezh, Russia, yulia198007@mail.ru

Yuliya N. Duvanova Cand. Sci. (Econ.), associate professor, Economic Security and the Financial Monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, dyvanova@mail.ru

CONTRIBUTION

all authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 3.21.2018

ACCEPTED 4.25.2018

Оценка тенденций сдвигов в размещении отраслей животноводства по областям Центрального Черноземья в постсоветский период

Владимир Ф. Печеневский¹ monitoringr@mail.ru
Иван С. Попов¹
Ульвия Физули гызы Гулиева¹

¹ Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича, 26А, г. Воронеж, 394042, Россия

Реферат. В статье рассматривается состояние современного размещения отраслей животноводства в ЦЧР. Выявляются произошедшие изменения в размещении поголовья животных, производстве основных видов продукции животноводства в регионе за период с 1990 по 2015 года. Определяются факторы и условия, обусловившие эти изменения и перспективы развития отрасли. За пореформенные годы произошло беспрецедентное сокращение поголовья скота и птицы. Так, стадо КРС в целом по ЦЧР в 2015 году по сравнению с 1990 годом уменьшилась в 4,4 раза. Состояние отрасли свиноводства в регионе также характеризовалась отрицательной динамикой поголовья свиней вплоть до 2005 года, когда она снизилась в 3,4 раза. Наибольший урон в годы реформ понесло овцеводство, где поголовье овец в 2015 году к уровню 1990 года уменьшилось в 5,5 раза. Решающими факторами в резком падении уровня поголовья животных и птицы, в производстве продукции животноводства и глубоком кризисе отрасли были непродуманное до конца реформы колхозно-совхозной системы аграрного производства, убыточность большинства видов продукции из-за низких цен реализации, которые не возмещали затраты сельхозтоваропроизводителей на ее производство. Оценка структурных сдвигов в размещении производства животноводческой продукции, показало, что объем производства мяса в ЦЧР существенно выросла доля мяса птицы с 14,1 в 1990 году до 46,6% в 2015 году, свинины с 38,8 до 46,4%. При этом значительно снизился удельный вес говядины с 46,3 до 6,4% и баранины с 2,5 до 0,5%. Анализируя эффективность размещения производства продукции животноводства в ЦЧР следует отметить, что оно определялось не только территориально отраслевыми особенностями, а прежде всего организационно-экономическими факторами, среди которых одним из приоритетных является эффективное управление в той или иной области ЦЧР сельскохозяйственной территорией.

Ключевые слова: Отрасли животноводства, размещение, производство продукции, структурные сдвиги, факторы, оценка

Assessment of trends in shifts in the distribution of livestock sectors in the regions of the Central black earth in the post-Soviet period

Vladimir F. Pechenevskii¹ monitoringr@mail.ru
Ivan S. Popov¹
Ulviya Fizuli gizi Guliyeva¹

¹ Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation, Serafimovich str., 26A, Voronezh, 394042, Russia

Summary. The article considers the state of the modern location of livestock sectors in the Central Chernozem region. Revealed changes in the distribution of livestock animals, production of major livestock products in the region for the period from 1990 to 2015. The factors and conditions that determined these changes and prospects for the industry development are determined. For the post-reform years, there has been an unprecedented decline in the number of livestock and poultry. Thus, a herd of cattle as a whole in the central-chernozem area in 2015, in comparison with 1990, decreased by 4.4 times. The state of the pig industry in the region was also characterized by a negative dynamics of the number of pigs until 2005, when it declined by 3.4 times. The greatest damage in the years of reforms was borne by sheep, where the number of sheep in 2015 to the level of 1990 decreased by 5,5 times. The decisive factors in the sharp drop in the levels of livestock and poultry, in the production of livestock products and the deep crisis of the industry were the ill-considered until the end of the reform of the collective-farm and state farming system, the loss-making of most types of products because of low sales prices that did not reimburse the costs of agricultural producers for its production. Evaluation of structural shifts in the distribution of livestock production showed that the volume of meat production in the Central Black Earth region has significantly increased the share of poultry meat from 14,1 in 1990 to 46.6% in 2015, pork from 38.8 to 46.4%. At the same time, the specific weight of beef decreased significantly from 46.3 to 6.4% and lamb from 2.5 to 0.5%. Analyzing the efficiency of the location of livestock production in the central black earth region, it should be noted that it was determined not only by territorial and sectoral peculiarities, but primarily by organizational and economic factors, among which one of the priority is the effective management of an agricultural area in a given region of the central black earth region.

Keywords: livestock sectors, distribution, production, structural shifts, factors, valuation

Для цитирования

Печеневский В.Ф., Попов И.С., Гулиева У.Ф. Оценка тенденций сдвигов в размещении отраслей животноводства по областям Центрального Черноземья в постсоветский период // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 478–489. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-478-489

For citation

Pechenevsky V.F., Popov I.S., Guliyeva U.F. Assessment of trends in shifts in the distribution of livestock sectors in the regions of the Central black earth in the post-Soviet period. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 478–489. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-478-489

Введение

В разных областях ЦЧР природные и экономические условия имеют свои особенности. В одних районах эти условия благоприятны, например, для разведения молочного скота, в других – свиней, в-третьих – овец и коз. Наличие благоприятных природных условий, земельных ресурсов создает хорошие предпосылки для рационального размещения и специализации агропромышленного производства.

Однако территориальная специализация сельскохозяйственного производства не является постоянной. В рыночных условиях хозяйствования с развитием и дальнейшей специализацией отдельных производств, созданием новых промышленных центров, расширением и совершенствованием транспортных связей, техники, технологии и т. п. развивается и видоизменяется отраслевая структура конкретного региона, каждого предприятия [1].

Обязательным условием решения проблемы рационального размещения и специализации сельскохозяйственного производства, в том числе и подотраслей животноводства является учет сложившейся отраслевой структуры сельского хозяйства ЦЧР.

Разработке прогноза научно обоснованной территориально-отраслевой организации животноводства должен предшествовать этап выявления территории современного размещения производства основных видов животноводческой продукции в ЦЧР. В связи с этим необходимо изучить изменения в численности поголовья скота и птицы и дать оценку сдвигов в размещении животноводческой продукции в ЦЧР за годы реформ.

Одной из главных особенностей в развитии животноводства в 90-е годы XX века в нашей стране и регионах стало то, что оно перестало быть ведущей отраслью сельского хозяйства, а темпы снижения производства животноводческой продукции заметно превышали аналогичный показатель по растениеводству [2].

К 1990 году ЦЧР располагал крупным поголовьем животных и птицы, содержащемся во всех сельскохозяйственных предприятиях и в личных подсобных хозяйствах населения. В дореформенный период отрасли животноводства в ЦЧР играли заметно большую роль, чем в настоящее время. В этой связи в большинстве административных районов ЦЧР было развито крупное кормопроизводство.

Современный анализ показал, что за годы реформ произошло беспрецедентное сокращение поголовья животных в регионе. Необходимо отметить, что спад численности поголовья скота в ЦЧР имел место уже в 80-е годы прошлого

столетия, кроме поголовья птицы, но он был незначительным. Стремительный спад начался с начала 1990-х годов.

Решающую негативную роль в падении численности поголовья животных, производства животноводческой продукции, и в глубоком кризисе отрасли в целом сыграли непродуманные до конца реформы колхозно-совхозной системы аграрного производства, убыточность большинства видов животноводческой продукции из-за низких цен реализации, которые не возмещали затраты сельхозпроизводителям на ее производство. Себестоимость продукции стремительно росла в связи с неконтролируемым государством увеличением цен на материально-технические ресурсы, такие как электроэнергия, топливо, корма, машины и оборудование, запасные части, а также повышением трудоемкости подотраслей животноводства. Ситуация в отрасли, особенно в 90-е годы, обострялась снижением продуктивности животных, в том числе из-за ухудшения их породности и обеспеченности кормами [3].

В последние десятилетие в ЦЧР происходит восстановление животноводства преимущественно за счет крупного промышленного типа предприятий, которые в большинстве своем стремятся получить максимальный экономический эффект в короткие сроки. Поэтому такие сельхозтоваропроизводители, как правило, концентрируют свои материальные и финансовые ресурсы в экономически выгодных («скороспелых») подотраслях животноводства – свиноводстве и птицеводстве.

Одной из важных причин сокращения поголовья КРС в регионе стало также то, что производство кормовых культур стало нерентабельным, а доля естественных пастбищ и сенокосов в структуре сельскохозяйственных угодий была небольшой. Следует подчеркнуть, что в животноводстве (особенно в скотоводстве) нет быстрой отдачи вложенных ресурсов, поскольку воспроизводство стада КРС требует значительно больших инвестиционных затрат, времени, кормов на единицу продукции, что в совокупности стало факторами свертывания этой подотрасли животноводства в сельскохозяйственных предприятиях региона.

Скотоводство – одна из самых значимых отраслей животноводства, она включает в себя мясное и молочное направления. Разведение крупного рогатого скота представляет большой экономический интерес, так как от него получают самые ценные и востребованные продукты питания. В дореформенный период скотоводство было главной отраслью сельского хозяйства. На него в 1990 году, например, в Воронежской

области приходилось более 52% всех трудовых затрат аграрного производства. Поэтому наращивание поголовья КРС позволяет увеличивать не только занятость сельского населения, но и снижать зависимость от импорта мяса говядины и сухого молока, что направлено на повышение экономической и продовольственной безопасности страны и регионов. В последние годы во всех областях (кроме Воронежской) продолжается сокращение поголовья КРС и коров (таблица 1).

В 2015 году в ЦЧР поголовье КРС по сравнению с дореформенным периодом (1990 г.) уменьшилось в 4,4 раза. В разрезе областей ЦЧР наибольшее снижение поголовья скота наблюдалось в Тамбовской и Курской областях (в 6,4 и 6,7 раза). В то же время в Воронежской области в последние годы численность крупного рогатого скота постоянно увеличивается. Так, в 2015 году она по сравнению с 2011 годом приросла на 1,2% и составила 76,7 тыс. голов, что, однако значительно ниже еще дореформенного уровня (33,3%). За анализируемый период произошло также существенное сокращение поголовья коров в ЦЧР с 1751,3 тыс. голов в 1990 году до 424,3 тыс. голов в 2015 году или в 4,1 раза. Аналогичная ситуация наблюдается и в территориальном разрезе. Например, особенно резкое сокращение поголовья коров произошло в Тамбовской, Липецкой, Курской областях – на 260,4; 201,8; 290,1 тыс. голов соответственно.

В Воронежской области численность поголовья коров к 2010 году стабилизировалась, а затем благодаря принятым конструктивными обеспеченным финансами мерам по развитию молочно-мясного скотоводства начался устойчивый рост поголовья коров. К концу 2015 года оно достигло 181,3 тыс. голов или увеличилось по сравнению с 2011 годом на 16,9%.

Сложившаяся динамика поголовья КРС, в том числе коров за анализируемый период не могла не сказаться на его размещении по территориям ЦЧР. К концу 1990 года до начала перехода на рыночные отношения в АПК более 70% всего поголовья КРС было сосредоточено в трех областях – Воронежской (29%), Курской (22%) и Белгородской (19%) областях [3].

В результате 26-летнего пореформенного функционирования животноводческой отрасли в размещении численности крупного рогатого скота и коров произошли значительные изменения. Так, удельный вес поголовья КРС Воронежской области в ЦЧР увеличился с 29% в 1990 году до 43% в 2015 году, Белгородской соответственно с 19 до 21%. Доля остальных трех областей за этот период наоборот, снизилась – Курской области с 22 до 16%, Липецкой – с 14 до 10%, Тамбовской области с 16 до 11%. Следует отметить,

что в настоящее время произошло перераспределение численности поголовья КРС в пользу Воронежской и Белгородской областей, где сосредоточено свыше 60% всего поголовья крупного рогатого скота и коров в ЦЧР.

Состояние отрасли свиноводства в пореформенный период также характеризовалось в целом отрицательной динамикой поголовья свиней в ЦЧР вплоть до 2005 года, когда оно сократилось в целом по району в 3,4 раза. Но в отличие от скотоводства, в данной отрасли начиная с 2006 года, начался рост поголовья свиней, который продолжается и в настоящее время. Особенно он был значительным в хозяйствах Белгородской области, где поголовье животных в 2015 году увеличилось по сравнению с 2005 годом в 7,4 раза, а также в Курской и Тамбовской областях – в 6,2 и 4,8 раза, Липецкой области – в 3,7 раза и Воронежской области в 1,7 раза (таблица 2).

Сложившаяся ситуация в свиноводстве региона во многом определялась самой спецификой отрасли, отличающейся быстрыми темпами воспроизводства, интенсивным ростом, высокой продуктивностью и относительно быстрой кормоотдачей.

Выращивание и содержание свиней требует меньших затрат на единицу продукции, чем в других отраслях животноводства. Поэтому в пореформенный период и, особенно с принятием соответствующих государственных мер по регулированию и развитию аграрного производства, эта отрасль животноводства оказалась в более выгодном положении и быстрее восстановилась от кризиса.

Создание в последнее десятилетие животноводческо-промышленных комплексов, ставших частью агрохолдингов как новой формы организации, размещения и развития животноводства, начавшееся в условиях функционирования рыночных отношений в аграрном секторе, характеризовалось углублением специализации и ростом концентрации поголовья животных [4].

Одна из самых «скороспелых» отраслей животноводства – птицеводство. Продукция этой отрасли, как и свиноводства, также отличается высокой продуктивностью, калорийностью и коротким сроком ее получения. Она, как и свиноводство сумела преодолеть спад и в 2012 году превысить уровень поголовья, который был, достигнут в регионе в 1990 году [5]. Птицеводство развито практически во всех областях ЦЧР. Предприятия этой отрасли обычно тяготеют к густонаселенным и промышленным центрам, а также к территориям зернопроизводства и местам его переработки.

Таблица 1.

Динамика поголовья КРС в ЦЧР (все категории хозяйств, тыс. гол.)

Table 1.

Dynamics of the number of cattle in the Central Chernozem Region (all categories of farms, thousands of heads)

Годы Years	Области Region											
	Белгородская Belgorod				Воронежская Voronezh				Курская Kursk			
	Всего Total	В % к итогу % Of total	В т. ч. коров Including cows	В % к итогу % Of total	Всего Total	В % к итого % Of total	В т. ч. коров Including cows	В % к итого % Of total	Всего Total	В % к итого % Of total	В т. ч. коров Including cows	В % к итого % Of total
1990	937,3	19,4	328,0	18,7	1389,3	28,8	515,3	29,4	1057,1	21,9	355,4	20,3
1995	662,4	20,1	276,5	18,6	996,5	30,3	459,2	30,9	666,6	20,3	298,7	20,2
2000	458,7	22,1	212,8	21,6	638,8	30,7	302,7	30,8	3877,7	18,7	193,5	19,7
2005	325,2	23,2	137,2	23,2	388,5	27,7	154,2	26,2	278,4	19,8	129,4	21,9
2010	247,3	22,3	108,0	23,7	367,6	33,1	150,2	33,0	204,6	18,4	91,0	20,0
2011	235,1	21,2	102,3	22,7	386,2	34,0	155,0	34,3	199,7	18,1	90,3	20,0
2012	232,7	20,6	97,7	21,9	421,6	37,3	163,4	36,6	194,2	17,2	84,9	19,0
2013	226,7	20,6	93,1	21,1	428,6	39,0	172,9	39,3	175,5	16,0	75,6	17,2
2014	221,0	20,1	90,3	20,7	451,1	41,1	179,5	41,2	162,9	18,4	70,4	16,2
2015	223,0	20,5	87,3	20,6	462,9	42,6	181,3	42,7	157,1	15,4	65,3	15,4
Годы Years	Области Region											
	Липецкая Lipetsk				Тамбовская Tambov				Итого по ЦЧР Total for CCR			
	Всего Total	В % к итогу % Of total	В т. ч. коров Including cows	В % к итогу % Of total	Всего Total	В % к итого % Of total	В т. ч. коров Including cows	В % к итого % Of total	Всего Total	В % к итого % Of total	В т. ч. коров Including cows	В % к итого % Of total
1990	671,7	13,9	250,8	14,3	772,2	16,0	301,8	17,3	4827,6	100,0	1751,3	100,0
1995	476,5	14,5	210,3	14,2	489,8	14,8	239,2	16,1	3291,8	100,0	1483,9	100,0
2000	332,2	16,0	141,1	14,3	260,6	12,5	133,2	13,6	2078,1	100,0	983,3	100,0
2005	219,5	15,6	85,1	14,4	192,9	13,7	84,3	14,3	1404,5	100,0	590,2	100,0
2010	145,9	13,1	55,8	12,3	146,0	13,1	50,1	11,0	1111,4	100,0	455,1	100,0
2011	143,7	13,0	54,7	12,1	141,1	12,8	49,2	10,9	1105,8	100,0	541,5	100,0
2012	138,6	12,3	52,2	11,7	141,8	12,6	48,1	10,8	1128,9	100,0	446,3	100,0
2013	125,6	11,5	50,2	11,4	141,6	12,9	48,5	11,0	1098,0	100,0	440,3	100,0
2014	123,2	11,2	48,8	11,2	139,8	12,8	46,4	10,7	1098,0	100,0	435,4	100,0
2015	123,7	10,4	49,0	11,5	120,8	11,1	41,4	9,8	1087,5	100,0	424,3	100,0

Динамика поголовья свиней в ЦЧР (все категории хозяйств, тыс. гол)

Table 2.

Dynamics of pigs in the Central Chernozem Region (all categories of farms, thousands of heads)

Годы Years	Области Region					
	Белгородская Belgorod		Воронежская Voronezh		Курская Kursk	
	Количество голов Number of cows	В % к итогу % Of total	Количество голов Number of cows	В % к итогу % Of total	Количество голов Number of cows	В % к итогу % Of total
1990	984,2	19,7	1569,2	31,4	895,0	17,9
1995	672,2	25,5	723,4	27,4	507,7	19,3
2000	464,2	27,6	438,3	26,1	344,4	20,5
2005	534,6	36,8	366,3	25,2	220,8	15,2
2010	2142,3	58,9	489,5	13,5	337,8	9,3
2011	2700,0	63,2	484,8	11,4	382,4	8,9
2012	3304,4	57,6	658,1	11,5	784,5	13,7
2013	3481,5	55,5	510,3	8,2	961,1	15,3
2014	3678,2	54,8	504,6	7,5	1227,0	18,3
2015	3954,4	53,3	638,6	8,6	1369,8	18,4
Годы Years	Липецкая Lipetsk		Тамбовская Tambov		Итого по ЦЧР Total for CCR	
	Количество голов Number of cows	В % к итогу % Of total	Количество голов Number of cows	В % к итогу % Of total	Количество голов Number of cows	В % к итогу % Of total
	1990	654,4	13,2	887,7	17,8	4990,5
1995	364,0	13,8	368,4	14,0	2635,7	100,0
2000	230,8	13,7	203,4	12,1	1681,11	100,0
2005	145,3	9,9	187,2	12,9	1454,2	100,0
2010	402,4	11,1	259,8	7,2	3631,8	100,0
2011	412,2	9,7	289,6	6,8	4269,0	100,0
2012	503,0	8,8	484,2	8,4	5734,2	100,0
2013	522,5	8,3	799,3	12,7	6274,7	100,0
2014	498,0	7,4	808,7	12,0	6716,5	100,0
2015	537,5	7,3	907,9	12,2	7435,2	100,0

Овцеводство ЦЧР является важной составной частью животноводческой отрасли, которое играет важную роль в обеспечении потребностей региона в специфических видах сырья и продуктах питания. В условиях формирования рыночных отношений в ЦЧР наибольший урон был нанесен именно овцеводству. Поголовье овец и коз здесь уменьшилось в 2015 году по сравнению с 1990 годом в 5,5 раз, а в РФ – в 2,3 раза (таблица 3).

По областям ЦЧР наибольшее снижение поголовья овец было в Тамбовской и Воронежской областях – 92,6% и 81,2% соответственно. Важнейшей причиной этого стала убыточность производства мяса баранины и шерсти из-за низких цен реализации, с одной стороны, и высокой себестоимости единицы продукции, с другой стороны.

Отмечая общую тенденцию существенного снижения численности овец и коз во всех областях ЦЧР, можно, с другой стороны отметить разную динамику в распределении поголовья по территориям региона. В Белгородской области удельный вес численности овец и коз с 1990 года по 2016 вырос с 15 до 30%, в Курской области

с 15 до 18%. В тоже время в Воронежской области этот показатель снизился с 43 до 38%, Тамбовской области – с 16 до 13%. Удельный вес Липецкой области в численности поголовья овец и коз за анализируемый период не изменился и составил 11% от общего поголовья животных в ЦЧР. По-прежнему, как и до реформы, самое большое количество овец и коз сегодня сосредоточено на территории Воронежской области.

Основное поголовье скота и птицы в настоящее время сосредоточено в сельскохозяйственных предприятиях. Только поголовье овец и коз (свыше 80%) находится в хозяйствах населения [5].

Спад поголовья скота и птицы в 1990–2015 годы имел место и в хозяйствах населения, но он был меньшим, чем у других категорий хозяйств. В крестьянских (фермерских) хозяйствах содержится незначительное поголовье животных и птицы, хотя их доля медленно повышается. Прямым следствием уменьшения численности КРС и коров явилось снижение производства молока, которое не удалось компенсировать ростом удоев, несмотря на то, что он был значительным.

Поголовье овец и коз во всех категориях хозяйств ЦЧР, тыс. голов

Table 3.

Number of sheep and goats in all categories of households in the Central Chernozem Region, thousand head

Годы Years	Области Region					
	Белгородская Belgorod		Воронежская Voronezh		Курская Kursk	
	Количество оголов Number of heads of sheep and goats	В % к итогу % Oftotal	Количество голов Number of heads of sheep and goats	В % к итогу % Oftotal	Количество голов Number of heads of sheep and goats	В % к итогу % Oftotal
1990	444,3	14,6	1302,0	42,9	472,1	15,5
1995	156,3	15,2	452,2	44,0	119,4	11,6
2000	63,1	14,9	207,0	48,8	50,1	11,8
2005	51,9	16,0	125,3	38,5	59,1	18,2
2010	84,8	18,3	173,8	37,4	87,7	18,9
2011	91,1	18,8	181,7	37,6	88,0	18,2
2012	104,0	20,2	191,3	37,2	93,0	18,1
2013	108,0	20,0	203,0	37,6	96,0	17,8
2014	99,8	17,7	230,9	40,9	92,1	16,3
2015	98,7	17,9	244,6	44,3	97,0	17,6
Годы Years	Области Region					
	Липецкая Lipetsk		Тамбовская Tambov		Итого по ЦЧР Total for CCR	
	Количество голов Number of heads of sheep and goats	В % к итогу % Oftotal	Количество голов Number of heads of sheep and goats	В % к итогу % Oftotal	Количество голов Number of heads of sheep and goats	В % к итогу % Oftotal
1990	325,3	10,7	494,3	16,3	3038,0	100,0
1995	129,6	12,7	169,7	16,5	1027,2	100,0
2000	40,5	9,6	63,3	14,9	424,0	100,0
2005	32,0	9,8	56,9	17,5	325,2	100,0
2010	50,5	10,9	67,5	14,5	464,3	100,0
2011	51,5	10,6	71,5	14,8	483,8	100,0
2012	55,8	10,8	70,3	13,7	514,4	100,0
2013	61,9	11,5	71,6	13,1	540,5	100,0
2014	68,9	12,2	73,2	12,9	564,5	100,0
2015	74,8	13,6	36,8	6,7	551,9	100,0

Сельскохозяйственные предприятия в 90-е годы не смогли обеспечить сохранение поголовья скота и птицы из-за убыточности производства почти всех видов животноводческой продукции. Действовавшая в то время система налоговых и финансово-кредитных отношений, неэквивалентность обмена между сельским хозяйством, промышленностью и обслуживающими отраслями не обеспечивала накопление хозяйствами собственных средств, необходимых не только для расширенного, но даже для простого воспроизводства животноводческой продукции. Существенное повышение доли хозяйств населения в производстве мяса, молока, яиц было достигнуто без инвестиций со стороны государства, исключительно за счет средств и труда самого населения. Кроме того, благодаря этой категории хозяйств удалось удержать производство животноводческой продукции от катастрофического падения в период реорганизации сельскохозяйственных предприятий общественного сектора и становления новых форм хозяйствования [6].

Поэтому увеличение поголовья скота в хозяйствах населения, с одной стороны можно считать положительной тенденцией, которая в определенной мере снизила остроту дефицита

животноводческой продукции, а с другой, эта самообеспеченность характеризует возврат к низкоэффективному, основанному на ручном труде производству. Однако переходный период к рыночным отношениям показал, что хозяйства населения имеют в настоящее время важное значение в производстве животноводческой продукции, но они также нуждаются в поддержке государства, которое в последние годы уже стало предоставлять хозяйствам населения льготные кредиты, обеспечение доступа их продукции на рынки сбыта и справедливой конкуренции.

Развитие и размещение животноводства в ЦЧР в современных условиях характеризуется многообразием организационно-правовых форм собственности и хозяйствования: от личных нетоварных и товарных хозяйств, К(Ф)Х, до сельскохозяйственных организаций традиционного сельского хозяйства (многоотраслевого и специализированного), и крупных специализированных высокотехнологичных предприятий.

Так, рост производства мяса свинины и птицы напрямую связан с ростом количества крупных предприятий индустриального типа, особенно в Белгородской области, на территории которой сейчас сосредоточено больше половины поголовья свиней в ЦЧР.

Меры, принятые Правительством РФ в процессе реализации государственных программ по развитию сельского хозяйства на федеральном и региональном уровнях, позволили остановить спад производства и создать условия формирования тенденций роста, прежде всего, производства продукции растениеводства и отдельных отраслей животноводства. Не удалось существенным образом изменить к лучшему ситуацию в производстве молока и говядины, приостановить процесс деградации производственного потенциала аграрного сектора, сокращения количества и качества трудовых ресурсов, стабилизировать положение в социальной сфере села [7].

Несмотря на предпринимаемые государством меры импортозависимость внутреннего агропродовольственного рынка по основным продуктам животноводства остается существенной, особенно это касается продукции скотоводства: доля отечественного производства (2015 г.) молока составила 66,0%, а по говядине – 45,2%, что значительно ниже показателей, определяющих продовольственную безопасность.

Обеспечение населения региона продуктами животноводства на основе пропорционального развития всех звеньев мясомолочного подкомплекса непосредственно связано с совершенствованием его территориального размещения. Территориальная специализация является существенным резервом повышения эффективности функционирования сельского хозяйства в целом и отраслей животноводства, в частности, мощным фактором экономического роста последнего [8].

Проведенные исследования показывают, что размещение производства животноводческой продукции с развитием рыночных отношений претерпевает существенные структурные изменения. Эти изменения характеризуются углублением специализации регионов, природно-экономические условия которых наиболее благоприятны для их производства, а также использованием возможностей их самообеспечения отдельными видами животноводческой продукции. В этих условиях возникает необходимость разработки таких концептуальных положений современного размещения и специализации, которые были бы направлены на эффективное использование биоклиматического потенциала региона (зоны), его производственных ресурсов, государственной поддержки, а также устойчивый рост производства продукции животноводства, увеличение рентабельности, повышения конкурентоспособности продукции, как на внутреннем, так и на внешнем агропродовольственных рынках.

Современная концепция размещения и специализации производства должна базироваться на всестороннем, комплексном, объективном анализе изменений природных, экономических и социальных условий, тенденций функционирования всех подотраслей животноводства и рынка их продукции, учета сложившейся специализации регионов (районов) и уровня развития в них продукции животноводства и перерабатывающей промышленности [9].

Сложившаяся численность поголовья скота и птицы и уровень их продуктивности предопределили определенные сдвиги в размещении производства продукции животноводства в ЦЧР (таблица 4).

В настоящее время в ЦЧР наиболее сложное положение складывается при производстве говядины и молока. Однако производство мяса всех видов на убой во всех категориях хозяйств ЦЧР в 2015 г. превысило уровень 1990 года на 13,3%, но в структуре продукции в сравнимом году, подавляющая часть производственного мяса является свининой или мясом птицы (93%).

В общих объемах производства мяса в ЦЧР увеличился удельный вес мяса птицы с 14,1% в 1990 году до 46,6% в 2015 году и свинины с 38,8 до 46,4%.

В то же время за анализируемый период снизился удельный вес говядины с 46,3 до 6,4% и баранины с 2,5 до 0,5%. По регионам удельный вес говядины в общих объемах в 2015 г. колебался от 10,3% (в Липецкой области) до 46,6% (Воронежской области); свинины – от 7,3% (Липецкой области) до 53,3% (Белгородской области); баранины от 67% (Тамбовской области) до 44,3% (Воронежской области); и мясо птицы от 8,9 (Тамбовской области) до 58,3% (Белгородской области).

О структурных изменениях в размещении отдельных видов животноводческой продукции в областях ЦЧР можно судить по данным приведенным в таблице 5.

Для размещения производства мяса КРС как в целом для ЦЧР, так и отдельных его областей характерны две тенденции. Первая тенденция характеризуется резким падением, особенно в 90-е годы, производства мяса КРС в регионе; наибольшее его снижение имело место в Курской, Липецкой и Тамбовской областях – соответственно на 81,79 и 77%. Вторая тенденция проявилась в том, что доля всех регионов в общероссийском производстве мяса КРС в 2015 г. по сравнению с 1990 г. также заметно уменьшилась: Курской области с 1,6 до 0,8%, Липецкой – с 1,3 до 0,7%, Тамбовской – с 1,6 до 0,3, Белгородской – с 1,9 до 1,2. Доля Воронежской области в общероссийском производстве за анализируемый период в производстве мяса КРС выросла с 2,7 до 3,2%.

Таблица 4.

Производство мяса скота и птицы на убой во всех категориях хозяйств областей ЦЧР, тыс. тонн

Table 4.

Production of meat of livestock and poultry for slaughter in all categories of farms in the regions of the Central Chernozem Region, thousand tons

Области Region	1990 г.					2015 г.					2015 г. в % к 1990 г.				
	Всего Total	В том числе мяса Including meat				Всего Total	В том числе мяса Including meat				Всего Total	В том числе мяса Including meat			
		КРС Cattle	Свиней Pigs	Птицы Birds	Овец и коз Sheep and goats		КРС Cattle	Свиней Pigs	Птицы Birds	Овец и коз Sheep and goats		КРС Cattle	Свиней Pigs	Птицы Birds	Овец и коз Sheep and goats
Белгородская / Belgorod	312,3	143,2	122,3	42,4	6,6	1618,7	35,6	749,4	830,5	2,5	518,3	24,9	612,8	1958,7	37,9
Воронежская / Voronezh	441,9	191,8	182,2	55,8	16,5	542,9	90,9	111,6	139,4	5,1	122,9	47,4	61,3	239,1	333,3
Курская / Kursk	243,6	117,8	87,1	39,3	3,0	437,0	22,7	259,9	152,1	1,3	179,4	19,3	298,4	387,0	43,3
Липецкая / Lipetsk	209,2	96,3	73,3	40,1	3,8	312,4	20,2	109,0	180,7	1,6	149,3	21,0	148,7	450,6	42,1
Тамбовская / Tambov	227,0	114,4	92,3	25,0	6,0	347,3	25,9	189,0	127,7	3,9	153,0	22,6	204,8	510,8	65,0
ЦЧР / Central Chernozem Region	1434,0	663,5	557,2	202,6	35,9	3058,3	195,3	1418,9	1424,4	14,4	213,3	29,4	254,6	703,1	40,1

Таблица 5.

Изменения долей областей ЦЧР в общероссийском производстве мяса и яиц, 2015 г. в % к 1990 г.

Table 5.

Changes in the shares of the Central Chernozem Region in the all-Russian production of meat and eggs, in 2015, as % of 1990

Области Region	Сокращение (-), увеличение (+) производства мяса КРС в 2015 г. к 1990 г. Reduction (-), increase (+) production of cattle meat in 2015 by 1990.	Доля региона в производстве мяса КРС, % Region's share in cattle meat production,%		Сокращение (-), увеличение (+) производства мяса свинины в 2015 г. к 1990 г. Reduction (-), increase (+) production of pork meat in 2015 by 1990.	Доля региона в производстве мяса свинины, % Region's share in the production of pork meat,%		Сокращение (-), увеличение (+) производства мяса птицы в 2015 г. к 1990 г. Reduction (-), increase (+) production of poultry meat in 2015 by 1990.	Доля региона в производстве мяса птицы, % Reduction (-), increase (+) production of poultry meat in 2015 by 1990.		Сокращение (-), увеличение (+) производства яиц в 2015 г. к 1990 г. Reduction (-), increase (+) production of eggs in 2015 by 1990.	Доля региона в производстве яиц, % Region's share in egg production,%	
		1990 г.	2015 г.		1990 г.	2015 г.		1990 г.	2015 г.		1990 г.	2015 г.
		Белгородская Belgorod	-75		1,9	1,2		+612,8	2,55		18,8	+1958,7
Воронежская Voronezh	-53	2,7	3,2	-38,8	3,88	2,8	+239,1	2,22	2,2	+102,5	1,81	2,07
Курская Kursk	-81	1,6	0,8	+298,4	1,80	6,5	+387,0	1,67	2,5	-69,5	1,07	0,36
Липецкая Lipetsk	-79	1,3	0,7	+148,7	1,55	2,7	+450,6	1,59	3,4	+1172,0	0,99	1,23
Тамбовская Tambov	-77	1,6	0,9	+204,8	1,97	4,8	+510,8	1,05	2,1	-70,7	1,10	0,37

Размещение и развитие производства свинины в ЦЧР во многом определялись особенностью данной отрасли, отличающейся от других быстрыми темпами воспроизводства и высокой кормоотдачей. Поэтому во всех областях (кроме Воронежской) происходило заметное увеличение производства мяса свиней.

Особенно кардинальный рост объемов производства свинины был в Белгородской области, который в 2015 г. превысил уровень 1990 г. более чем в 6 раз.

При этом доля данного региона в производство мяса свиней за этот период увеличилась с 2,55 до 18,8% или в 7,4 раза. Этот рывок Белгородской области удалось сделать благодаря трем основным факторам: благоприятных погодных условий, крупномасштабных инвестиций и эффективного управления территорией. Доли в производстве свинины в остальных регионах ЦЧР за рассматриваемый период, кроме Воронежской области, тоже заметно подросли: Курской – с 1,80 до 6,5, Тамбовской – с 1,97 до 4,8, Липецкой области – с 1,55 до 2,7%. В тоже время доля Воронежской области за рассматриваемый период уменьшилась с 3,88 до 2,80% в общероссийском производстве.

В производстве мяса птицы характерна резкая тенденция его роста для всех областей ЦЧР: в Тамбовской области оно увеличилось в 5,1 раза, Липецкой – в 4,5 раза, Курской в 3,3 раза, Воронежской в 2,4 раза. Наиболее впечатляющих результатов здесь достигла также Белгородская область, где производство мяса птицы в 2015 г. по сравнению с 1990 г. увеличилось в 19,6 раз, а доля региона в РФ выросла в 1,63 до 13,8%.

Анализ структуры производства яиц по субъектам ЦЧР показывает, что только трем областям региона удалось нарастить и превысить объемы производства яиц уровня 1990 года. Это Белгородская область, где рост производства составил 276%, Липецкая область – с ростом

производства яиц 112%, Воронежская область – 102,5% к уровню 1990 года.

Можно отметить, что в регионах, где произошел рост производства, отмечалось и увеличение его концентрации и, наоборот, в тех областях, где произошло снижение объемов производства яиц, произошло уменьшение их долей в общем производстве РФ. Так, доля Белгородской области в общем производстве за 25 летний период выросла с 1,33 до 3,5%, Воронежской – с 1,81 до 2,07, Липецкой области – с 0,99 до 1,25%. В тоже время доля Тамбовской области снизилась за анализируемый период с 1,10 до 0,31%, Курской – с 1,07 до 0,36%. В изменении объемов производства яиц нет видимой тенденции. Не просматривается, что происходит рост производства близко к рынкам сбыта или есть дешевые корма. Все перераспределяется под влиянием многих факторов, из которых близость к рынкам, благоприятные природные условия существенны, но полностью объяснить происходящие изменения не могут [10]. Наиболее сложной ситуацией остается в размещении и развитии производства говядины и молока, где динамика не столь положительна, как в производстве мяса свиней и птицы. Производство молока в 2000-е годы практически не растет (таблица 6)

В целом его объемы производства по ЦЧР в 2015 году составляли всего 42,5% от уровня 1990 года. Особенно низкий уровень производства молока был в Тамбовской области, где за 1990–2015 гг. имел место самый значительный спад в надое молока – 3,6 раза.

С 1990 г. происходило постоянное падение производства молока в сельскохозяйственных предприятиях. В настоящее время лишь в Тамбовской области большая часть молока производится в хозяйствах населения. В остальных областях ЦЧР более половины от общего производства сосредоточено в сельхозпредприятиях. Наибольший удельный вес в производстве молока занимают хозяйства Белгородской и Липецкой, соответственно 71 и 69% (таблица 7).

Таблица 6.

Производство молока во всех категориях хозяйств ЦЧР, тыс. тонн

Table 6.

Milk production in all categories of households in the Central Chernozem Region, thousand tons

Области Region	Годы Years					2015 к 1990(в %) 2015 by 1990(in %)
	1990	2000	2005	2010	2015	
ЦЧР Central Chernozem Region	5001,8	2510,6	2151,1	2132,4	2124,1	42,5
Белгородская / Belgorod	1024,7	606,2	517,8	557,4	531,5	51,9
Воронежская / Voronezh	1496,4	758,8	618,2	683,3	807,7	53,9
Курская / Kursk	962,4	441,8	396,6	384,3	310,0	32,2
Липецкая / Lipetsk	716,3	390,1	337,8	274,5	254,6	35,5
Тамбовская / Tambov	802,0	313,7	280,7	232,9	220,3	27,5

Таблица 7.

Структура производства молока в хозяйствах всех категорий в ЦЧР

Table 7.

Structure of milk production in farms of all categories in the Central Chernozem Region

Области Region	Сельскохозяйственные предприятия Agricultural enterprises			Хозяйства населения Households of the population			К(Ф)Х Peasant farms		
	Годы Years								
	1995	2000	2015	1995	2000	2015	1995	2000	2015
Белгородская / Belgorod	70,3	60,1	70,8	29,4	39,2	23,8	0,3	0,8	5,4
Воронежская / Voronezh	62,4	57,8	59,0	33,7	41,7	36,8	0,4	0,5	4,2
Курская / Kursk	84,5	46,8	51,8	42,9	52,8	41,9	0,3	0,4	6,7
Липецкая / Lipetsk	61,4	62,1	69,0	35,4	37,7	26,5	0,4	0,3	4,5
Тамбовская / Tambov	65,7	36,2	27,1	45,8	62,7	59,2	0,8	1,1	13,7

Меньшая доля в производстве молока приходится на сельхозорганизации Тамбовской области – 27,1% в 2015 году, что обусловлено сравнительно низким надоем на 1 корову на протяжении.

Всего пореформенного развития. Между тем, надой молока в высоко технологичных крупных предприятиях составляет 9–10 тысяч литров от одной коровы, что позволило достичь повышения этого показателя в среднем по названным областям, особенно в последние годы.

Одной из острых проблем размещения производства основных видов продукции

животноводства в сельскохозяйственных предприятиях областей ЦЧР, как и животноводства в целом по стране особенно в 90-е годы было падение продуктивности животных и птицы, и рост затрат на производство что обусловило отрицательные показатели рентабельности продукции. Убыточность продукции также была связана преимущественно с существенным ослаблением кормовой базы. В 2000-е годы рентабельность сельского хозяйства хотя и возрастала, но за счет в основном растениеводческой продукции (таблица 8).

Таблица 8.

Уровень рентабельности реализации основных видов продукции животноводства в сельскохозяйственных предприятиях областей ЦЧР, %

Table 8.

The level of profitability of the realization of the main types of livestock products in agricultural enterprises of the regions of the Central Chernozem Region, %

Области Region	МясоMeat				Молоко Milk	Яйца Eggs	Шерсть Wool
	КРС Cattle	Свиней Pigs	Овцы Sheeps	Птица Birds			
2000 г.							
Белгородская / Belgorod	-25,7	-0,6	-47,6	-1,1	0,8	15,9	-87,6
Воронежская / Voronezh	-18,3	-40,0	-46,9	-15,7	-17,2	15,7	-90,0
Курская / Kursk	-39,0	-48,9	-52,0	-3,9	-12,4	-6,5	-91,4
Липецкая / Lipetsk	-39,3	-54,9	-39,5	-43,5	-4,0	-20,5	-82,4
Тамбовская / Tambov	-42,7	-69,2	-67,6	-8,54	-30,9	1,4	-95,1
2005 г.							
Белгородская / Belgorod	12,3	60,2	-23,5	23,4	38,9	10,1	-98,3
Воронежская / Voronezh	-6,5	12,7	-27,7	-4,6	2,3	24,6	-93,3
Курская / Kursk	-19,1	13,1	-56,4	1,3	0,7	25,0	-84,0
Липецкая / Lipetsk	-25,9	10,9	-57,7	-48,6	0,2	-12,5	-
Тамбовская / Tambov	-26,9	-19,9	-45,0	-1,4	-15,9	2,5	-92,6
2015 г.							
Белгородская / Belgorod	-18,8	79,4	-60,4	-2,0	30,0	38,4	-26,6
Воронежская / Voronezh	-19,8	24,9	-12,2	3,1	16,7	52,4	94,5
Курская / Kursk	-28,9	64,6	-12,2	11,8	16,7	160,0	-76,6
Липецкая / Lipetsk	-21,9	69,2	-37,1	23,2	22,7	30,0	23,5
Тамбовская / Tambov	-37,0	62,6	-69,2	2,1	1,7	13,0	-89,2

Среди основных видов продукции животноводства областей ЦЧР наиболее рентабельным являются производство мяса свиней, птицы, яиц и молока. Самый высокий уровень рентабельности производства свинины сложился (2015 г.) в Белгородской (79,4%) и Липецкой

(69,2%) областях. Производства мяса птицы наиболее выгодным было в Липецкой (23,2%) и Курской (11,8%) областях, а производство яиц в Курской области (160%) и Воронежской области (52%).

Характерным для всех областей ЦЧР является убыточность производства мяса КРС. На протяжении последних пятнадцати лет уровень рентабельности говядины был отрицательным с колебаниями от (-18,8%) в Белгородской области до (-37,0%) в Тамбовской области. Неэффективным остаются производство мяса баранины и шерсти. Наибольшая убыточность мяса и овец и коз наблюдается в Белгородской области (-60,4%), наименьшая в Воронежской области (-12,2%).

За рассматриваемый период (2000–2015 гг.) прибыльным (2015 г.) было производство шерсти только в Липецкой области с уровнем рентабельности в 23,5%. В остальных областях ЦЧР оно остается по-прежнему убыточным.

ЛИТЕРАТУРА

1 Миндрин А. Методология исследования проблем территориального размещения в сельском хозяйстве // АПК: экономика, управление, 2012. № 1, С. 23–29.

2 Романенко И.А. Методические подходы к решению задач территориального размещения сельскохозяйственного производства с использованием экономико-математического моделирования // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2010. № 1 С. 23–24.

3 Ксенофонтов М.Ю., Громова Н.А., Ползиков Д.А. Актуальные задачи прогнозно-аналитических исследований по обоснованию приоритетов агропродовольственной политики // Проблемы прогнозирования. 2012. № 2.

4 Гончаров В.Д., Котеев С.В. Размещение и специализация животноводства в России // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2013. № 8 С. 30–34.

5 Стрекозов Н.И., Чинаров В.И., Чинаров А.В. Экономические методы государственного регулирования импортозамещения на внутреннем рынке мяса // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2016. № 4 С. 11–16.

6 Чинаров А.В., Стрекозов Н.И., Чинаров В.И // Экономические методы государственного регулирования импортозамещения на внутреннем рынке мяса // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий, 2015. № 1 С. 2–5.

7 Dugina T. The hindsight comparative analysis of the agrarian reforms in Russia of the XIX–XX centuries // Russian Agricultural Economic Review, 2015. №2(1). P. 5–14.

8 Kvochkin A.N., Kvochkina V.I., Feoktistova E.V. On the issue of providing Russia with livestock production of its own production and optimization of the structure of the industry // Economics of agricultural and processing enterprises. 2015. № 7. P. 17–20.

9 Izmalkov A. Development dynamics and current state of the small business entities in the agrarian economic sector (evidence from the Voronezh region). // RussianAgriculturalEconomicReview. 2015. № 2(1). P. 45–52.

10 Trotsenko, V. Territorial-and-economic zoning as the basis for organising rational use of the agricultural lands // RussianAgriculturalEconomicReview. 2015. № 2(1). P. 25–34.

Заключение

Анализируя эффективность размещения производства основных видов животноводческой продукции среди областей ЦЧР, следует подчеркнуть, что она обусловлена не столько территориально-отраслевыми особенностями, сколько организационно-экономическими факторами, является результатом рациональной организации и управления территориально – отраслевым размещением отраслей животноводства.

Дальнейшее совершенствование размещения и развития продукции животноводства в ЦЧР, как показывает опыт, будет происходить путем создания крупных животноводческих комплексов, в том числе свиноводческих, птицеводческих, молочно-мясных. Они в последние десятилетия активно строятся во всех областях ЦЧР и десятки уже введены в строй.

REFERENCES

1 Mindrin A. Methodology of the study of problems of territorial distribution in agriculture. APK ekonomika upravlenie [AIC: economy, management] 2012. no. 1, pp. 23–29. (in Russian)

2 Romanenko I.A. Methodical approaches to solving the problems of territorial distribution of agricultural production using economic and mathematical modeling. Ekonomika selskokhoziaistvennykh i pererabatyvaiushchikh predpriatii [Economics of agricultural and processing enterprises] 2010. no. 1. pp. 23–24. (in Russian)

3 Ksenofontov M.Yu., Gromova NA, Polzikov D.A. Actual problems of forecasting and analytical studies on the substantiation of priorities of agri-food policy. Problemy prognozirovaniia [Problems of forecasting] 2012. no. 2. (in Russian)

4 Goncharov V.D., Koteev S.V. Accommodation and specialization of animal husbandry in Russia. Ekonomika selskokhoziaistvennykh i pererabatyvaiushchikh predpriatii [Economics of agricultural and processing enterprises] 2013. no.8. pp. 30–34. (in Russian)

5 Strekozov NI, Chinarov VI, Chinarov AV // Economic methods of state regulation of import substitution in the domestic meat market. Ekonomika selskokhoziaistvennykh i pererabatyvaiushchikh predpriatii [Economics of agricultural and processing enterprises] 2016. no. 4. pp. 11–16. (in Russian)

6 Chinarov AV, Strekozov NI, Chinarov VI Economic methods of state regulation of import substitution in the domestic meat market. Ekonomika selskokhoziaistvennykh i pererabatyvaiushchikh predpriatii [Economics of agricultural and processing enterprises] 2015. no. 1. pp. 2–5. (in Russian)

7 Dugina T. The hindsight comparative analysis of the agrarian reforms in Russia of the XIX–XX centuries. Russian Agricultural Economic Review, 2015. no. 2(1). pp. 5–14.

8 Kvochkin A.N., Kvochkina V.I., Feoktistova E.V. On the issue of providing Russia with livestock production of its own production and optimization of the structure of the industry. Economics of agricultural and processing enterprises. 2015. no. 7. pp. 17–20.

9 Izmalkov A. Development dynamics and current state of the small business entities in the agrarian economic sector (evidence from the Voronezh region). Russian AgriculturalEconomicReview. 2015. no. 2(1). pp. 45–52.

10 Trotsenko, V. Territorial-and-economic zoning as the basis for organising rational use of the agricultural lands. Russian AgriculturalEconomicReview. 2015. np. 2(1). pp. 25–34.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Владимир Ф. Печеневский к.э.н., доцент, заслуженный экономист РФ, заведующий отделом «Мониторинга аграрной реформы и прогноза развития АПК», Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича, 26А, г. Воронеж, 394042, Россия, monitoringr@mail.ru

Иван С. Попов к.с.-х.н., заслуженный работник сельского хозяйства РФ, ведущий научный сотрудник отдела «Мониторинга аграрной реформы и прогноза развития АПК», Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича, 26А, г. Воронеж, 394042, Россия

Ульвия Физули гызы Гулиева к.э.н., старший научный сотрудник отдела «Мониторинга аграрной реформы и прогноза развития АПК», Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района Российской Федерации, ул. Серафимовича, 26А, г. Воронеж, 394042, Россия

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 26.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 18.05.2018

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Vladimir F. Pechenevskii Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor, Honored Economist of the Russian Federation, Head of the Department of "Morning of Agrarian Reform and Development Outlook for Agribusiness", Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation, Seraphimovich str., 26A, Voronezh, 394042, Russia, monitoringr@mail.ru

Ivan S. Popov Cand. Sci. (Agricul.), Honored Worker of Agriculture of the Russian Federation, Leading Research Fellow of the Department of "Morning of Agrarian Reform and Development Out-look for Agribusiness", Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation, Seraphimovich str., 26A, Voronezh, 394042, Russia

Ulviya Fizuli gizi Guliyeva Cand. Sci. (Econ.), Senior Researcher of the Department of "Morning of Agrarian Reform and Development Out-look for Agribusiness", Research Institute of Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation, Seraphimovich str., 26A, Voronezh, 394042, Russia

CONTRIBUTION

All authors equally took part in writing the manuscript and are responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declares no conflict of interest.

RECEIVED 4.26.2018

ACCEPTED 5.18.2018

Организационно-экономические особенности функционирования малых предприятий лесного сектора экономики и причины усиления деформации предпринимательской деятельности

Елена А. Колесниченко¹ ekolesnichenko@live.ru
Юлия М. Соколинская² misterias@mail.ru

¹ Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, Тамбов, 392000, Россия

² Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Реферат. В современных российских условиях хозяйствования приобретает важность анализ деформаций в развитии малого предпринимательства в тех секторах экономики, которые имеют стратегически важное значение для развития экономики всей страны. Так, для России стратегическими ресурсами, определяющими вектор развития ее экономики, среди прочих выступают лесные. Это связано с тем, что Россия является самой крупной в мире страной, обладающей лесными ресурсами. Она занимает первое место в мире по площади лесов и объему запасов древесины. Кроме того, развитие предпринимательства в лесном хозяйстве, в т. ч. малого, является наиболее проблемным в современных условиях хозяйствования. В силу специфики сферы деятельности и отсутствия финансовых возможностей малое предпринимательство в этом секторе экономики демонстрирует недостаточную эффективность в своем развитии, что выражается в увеличении недоимок в бюджеты всех уровней, увеличении масштабов теневой деятельности и др. Результаты опроса руководителей малых предприятий позволили установить, что предприятия могут уводить часть деятельности в тень, в первую очередь, преследуя цель сокращения затрат. По оценкам Всемирного фонда дикой природы, масштабы рубок леса в теневом секторе в России составляет свыше 30%, а в лесозыбыточных регионах до 59–70%. По экспертным оценкам, федеральный и региональные бюджеты недополучают каждый год в этой связи от 1 до 1,5 млрд руб. лесных платежей. Причинами, способствующими деформации деятельности в малом предпринимательстве, являются неадекватная государственная, правовая и экономическая политика и отсутствие действенных мер по поддержке малого предпринимательства. Это обуславливает необходимость более внимательного исследования реализуемого инструментария государственной поддержки деятельности малого предпринимательства в лесном секторе экономики с учетом существующих в настоящее время факторов деформации бизнеса.

Ключевые слова: малое предпринимательство, лесной сектор экономики, экономическая безопасность, социально-экономическое развитие, экономические показатели, государственное регулирование, предприятия

Organizational and economic features of the functioning of small enterprises of the forest sector of economics and the causes of strengthening the deformation of enterprise activity

Elena A. Kolesnichenko¹ ekolesnichenko@live.ru
Yuliya M. Sokolinskaya² misterias@mail.ru

¹ Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Internatsionalnaya str., 33, Tambov, 392000, Russia

² Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Summary. In modern Russian conditions of economic management, it is important to analyze deformations in the development of small business in those sectors of the economy that are strategically important for the development of the economy of the whole country. So, for Russia strategic resources, determining the vector of development of its economy, among others are forestry. This is due to the fact that Russia is the world's largest country with forest resources. It ranks first in the world in terms of forest area and the volume of timber reserves. In addition, the development of entrepreneurship in forestry, including small business, is the most problematic in the current economic conditions. Due to the specific scope and the lack of financial capacity of small businesses in this sector demonstrates the lack of effectiveness in its development, which is reflected in the increase in arrears to the budgets of all levels, increasing the size of the shadow work and others. The results of the survey of small business leaders revealed that businesses can to lead a part of the activity into the shadow, first of all, with the goal of reducing costs. According to the estimates of the World Wide Fund for Nature, the extent of deforestation in the informal sector in Russia is more than 30%, and in the surplus regions up to 59–70%. According to expert estimates, federal and regional budgets are losing every year in this connection from 1 to 1.5 billion rubles. forest payments. The reasons for the deforming activities in small business are inadequate state, legal and economic policies and the lack of effective measures to support small business. This necessitates a more careful study of the implemented instruments of state support for small business in the forest sector of the economy, taking into account the currently existing factors of business deformation.

Keywords: small business, forest sector of the economy, economic security, socio-economic development, economic indicators, state regulation, enterprises

Для цитирования

Колесниченко Е.А., Соколинская Ю.М. Организационно-экономические особенности функционирования малых предприятий лесного сектора экономики и причины усиления деформации предпринимательской деятельности // Вестник ВГУИТ. 2018. Т. 80. № 2. С. 490–496. doi:10.20914/2310-1202-2018-2-490-496

For citation

Kolesnichenko E.A., Ju.M. Sokolinskaya Organizational and economic features of the functioning of small enterprises of the forest sector of economics and the causes of strengthening the deformation of enterprise activity. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2018. vol. 80. no. 2. pp. 490–496. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2018-2-490-496

Введение

Проведенный кластерный анализ показал, что наибольшее внимание по проблеме поддержки малого предпринимательства в лесном секторе экономики и усиление работы по минимизации уровня деформации предпринимательской деятельности должно уделяться в регионах, относимых к кластеру Низкая доходность государства – Высокий уровень деформации предпринимательской деятельности. Для решения проблемы разработки соответствующего инструментария поставлена задача – выявить причины усиления деформации малого предпринимательства. В качестве гипотезы представлены следующие причины:

Во-первых, множество субъектов экономических отношений в лесном секторе, с разнонаправленными интересами. Нами были определены виды конфликтов интересов хозяйствующих субъектов в системе усиления деформации малого предпринимательства лесного сектора экономики:

- государство – получатель платежей за пользование лесными ресурсами;
- предпринимательские структуры – производители и потребители лесной продукции;
- общество (граждане), потребляющее общественные и частные блага;
- выполнение лесными ресурсами экономической функции и экологической (рекреационной).

Основная часть

Обратимся к более подробному рассмотрению выше представленных противоречий. Таким образом, нами выделены следующие противоречия в системе деформации малого предпринимательства лесного сектора:

1. Противоречия между выполнением лесными ресурсами экономических и экологических (рекреационных) функций. Конфликт между экономическими и экологическими (рекреационными) функциями лесных ресурсов выступает как частое проявление общей системы противоречий экономических интересов. Разрешение данного противоречия имеет страновые особенности. К примеру, в зарубежных странах имеющийся экономический эффект не может выступать приоритетным приоритетным по сравнению с возможными потерями в сфере экологии (рекреации). В противовес, в России получение незначительного экономического эффекта для субъекта предпринимательства ставит на второй план значение лесных ресурсов для здоровья и эстетического восприятия человека. Для того, чтобы не брать на себя обязательства по восстановлению лесных ресурсов множество предпринимателей осуществляют незаконные рубки.

2. Рассогласованность интересов по поводу количества, качества, способов производства, потребления и цены производимых лесных ресурсов. Данное противоречие возникает между предпринимательским сектором и государственными органами контроля. Дело в том, что лесные ресурсы являются одним из источников не только получения прибыли, но и пополнения бюджета. В условиях кризиса данное противоречие усиливается. Неучтенный объем лесных ресурсов, подверженных незаконным рубкам не позволяет государственным органам адекватно оценивать масштабы имеющихся ресурсов и планировать их дальнейшее освоение.

3. Противоречия между необходимым и фактическим воспроизводством лесных ресурсов. Наличие данного противоречия связано, в первую очередь, с недостаточностью финансовых ресурсов для осуществления достаточного объема восстановления лесных ресурсов. Во-вторых, несовершенство методов оценки незаконных рубок (рассмотренное нами в предыдущем параграфе) не позволяет адекватно оценить необходимый объем семян и саженцев для лесовосстановления.

4. Структурная рассогласованность между уровнями бюджетной системы РФ по поводу объемов и структуры поступлений. Данная проблема исследуется в сфере региональной экономики и межбюджетных отношений, поскольку переработка лесных ресурсов приносит доход (в виде налога на прибыль) в бюджет федерального уровня, а проблемы экологического и рекреационного характера решаются на региональном уровне.

5. Рассогласованность интересов государства и предпринимательского сектора по поводу налоговых и иных платежей в бюджет. Данная проблема имеет достаточно глубокие корни и рассматривается в системе корректировки налогообложения. Государство через законодательство и фискальные органы пытается частично переложить на малый бизнес недобор налоговых поступлений с крупного предпринимательства и устанавливает непомерно высокие налоги для наполнения бюджета. Чрезмерно жесткая налоговая политика государства неизбежно приводит к замиранию предпринимательской деятельности и к ее перемещению в тень. В любом случае увеличение налогового бремени будет способствовать уходу предпринимателей в тень [1].

6. Рассогласованность интересов государства в случае ситуации максимизации поступлений в бюджет от использования лесных ресурсов и необходимостью их сохранения, а также рационального использования с целью получения экономической прибыли и социального

эффекта в будущем. Данная проблема характерна не только для лесного сектора, но и для добывающих сфер национальной экономики. Противоречие заключается в том, что максимизация доходов характерна для незаконной деятельности, а сохранение экологических ресурсов решается только органами государственной власти.

7. Противоречия между хозяйствующими субъектами в рамках конкурентной борьбы. Решение данного противоречия в пользу теневой деятельности позволяет малым предпринимателям быть конкурентными по сравнению с другим бизнесом, поскольку незаконные вырубки предполагают минимизацию расходов за счет ухода от налогов и иных обязательных платежей.

8. Рассогласованность интересов государства и хозяйствующих субъектов по поводу максимизации прибыли для предпринимательской структуры и необходимостью сохранения лесных ресурсов на будущее.

Раскрытое выше содержание рассогласованности интересов хозяйствующих субъектов подчеркивает неоднозначность и сложность экономических отношений в лесном секторе, приводящие к усилению деформации предпринимательской деятельности, в процессе которой субъекты хозяйствования в различных ситуациях (определяемых их целями) могут реализовывать свои интересы с различных позиций (в том числе и противоречащих сам себе). К примеру, если мы обратимся к исследованию отношений государства и хозяйствующих субъектов, которые выступают в виде пользователей лесных, то выявим, что государство в представленной совокупности отношений может выступать и субъектом, деятельность которого направлена на обеспечение экономической устойчивости предпринимательских структур путем гарантирования защиты от незаконных действий третьих лиц и т. п., и детерминантом возникновения угроз экономической устойчивости, поскольку устанавливает для предпринимательских структур совокупность административных барьеров, нерациональных налогов, а также санкций за нарушение законодательства. Таким образом, противоречия интересов – конфликты, выступающие традиционными для сферы экономики и управления. Но следует отметить, что в лесной сфере деятельности данные противоречия наиболее ярко представлены и оказывают определяющее значение на появление и усиление деформации предпринимательской деятельности за счет усиления ее теневизации.

На основе проведенного анализа деятельности субъектов хозяйствования в лесной сфере,

политики, реализуемой государством, а также совокупности причинно-следственных связей между явлениями и процессами, возникающими в лесном секторе экономики, определены:

1. субъекты и объекты экономических отношений, взаимодействие которых детерминирует усиление теневой деятельности малого предпринимательства в лесном секторе экономики;

2. источники возникновения причин усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики;

3. виды получаемого деструктивного эффекта от усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики.

Так причинами усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики выступают противоречия в реализации интересов субъектов хозяйствования в лесном комплексе. В соответствии с данным критерием причины целесообразно разделить на группы:

1. Причины, возникающие при конфликте интересов общества как потребителя общественных благ (снижение показателей, характеризующих экологическую обстановку, повышение показателей, характеризующих преступность в лесном секторе, увеличение лесных пожаров и т. д.).

2. Причины, возникающие при конфликте интересов общества как потребителя частных благ (увеличение дефицита конкретного вида продукта, снижение его качества или повышение цены).

3. Причины, возникающие при конфликте интересов государства как производителя общественных благ в сфере экологии, правопорядка. Криминогенность лесного сектора связана с коррупционной составляющей в деятельности природоохранительных организаций, незаконной рубкой, ухода от уплаты налогов, незаконной торговлей древесиной и лесной продукцией. Лоббирование интересов теневого лесного предпринимательства находится в противоречии интересами общества и государственных органов. На масштабы и качество вырубемых насаждений в большой степени влияет изменение конъюнктура мирового лесного рынка.

4. Причины, возникающие при конфликте интересов государства как получателя платежей в бюджет. В составе данных причин необходимо определить масштабы убыточности бюджета от деятельности лесного комплекса России (рисунок 1).

5. Среди причин усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики можно выделить недостаточную (по мнению международных экспертов) ставку арендной платы за пользование лесом.

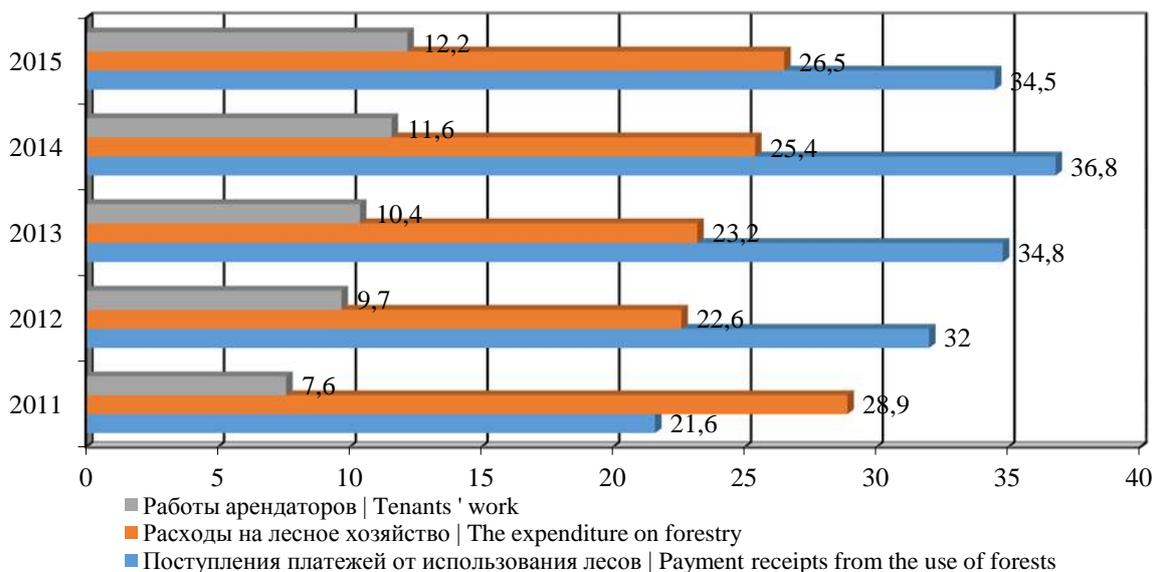


Рисунок 1. Динамика доходов и расходов в системе лесопользования России

Figure1. Dynamics of income and expenditure in the system of forest management in Russia

6. Причины усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики, возникающие при конфликте интересов хозяйствующих субъектов, осуществляющих деятельность в лесном секторе (субъектов лесного сектора).

Данную группу причин целесообразно сгруппировать в зависимости от имеющихся параметров, характеризующих хозяйствующих субъектов:

- по виду используемых природных ресурсов: в хозяйственной деятельности могут использоваться лесные ресурсы, объекты животного мира, полезные ископаемые и др.;

- по способу использования природных ресурсов: в хозяйственной деятельности ресурсы могут использоваться как сырье, территория функционирования, для прочих целей;

- по характеру и виду хозяйственной деятельности: лесозаготовка, обработка древесины и производство изделий из дерева, кроме мебели, производство в лесохимической промышленности, производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона и изделий из них, производство мебели.

7. Причины усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики, возникающие при конфликте интересов субъектов хозяйствования: контрагенты субъектов лесного комплекса, выступающие в качестве собственников, инвесторы, поставщики и подрядчики, покупатели и заказчики, кредиторы и др.

В зависимости от источника возникновения причин усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики их можно разделить на:

1. Причины усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики, вызываемые государством, выраженные:

- в неэффективности действующего законодательства (в данном случае источник причин находится в нормативном акте, регламентирующем отношения в лесном комплексе). Выполнение требований нормативного акта приводит к ухудшению экономической ситуации в лесном комплексе.

- в неэффективности контроля за исполнением норм хозяйствующими субъектами (в данном случае источник причин находится не в нормативном акте, регламентирующем отношения в лесном комплексе, в сфере его выполнения). Ее наступление или ненаступление зависит от того, насколько эффективно выполняются требования нормативных актов. Кроме того из факторов неэффективного контроля со стороны государственной власти наиболее важной причиной усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики является коррумпированность государственного аппарата. Самыми проблемными для предпринимателей являются представители налоговой инспекции (53%), общественные организации по защите прав потребителей (55%). Основная доля предпринимателей отметила в качестве ключевого условия деформации предпринимательской деятельности необходимость неформальных платежей во время проверок.

Данные исследования показывают, что предприниматели находятся под грузом постоянных проверок со стороны различных контрольных органов.

2. Причины усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики, вызываемые негосударственными природоохранными организациями, связанные:

- с вмешательством в нормотворческую деятельность государственных органов;
- с причинением материального ущерба хозяйствующим субъектам;
- с блокированием деятельности хозяйствующих субъектов.

Наиболее часто упоминаемыми и влиятельными из них являются: Общероссийское движение, BirdLifeInt (международное сообщество охраны птиц), Всемирные союз охраны природы и фонд дикой природы, Гринпис, WNO (международная организация по охране природы), различные союзы (социально-экологический) и службы (экологического аудита и реставрации) и т. д.

Однако, практика лесопользования показывает, что функционирование данных организаций чаще применяется в качестве инструмента обеспечения конкурентоспособности природопользователей, по сути, данные организации преследуют экономически выгодные цели и интересы лоббирующего хозяйствующего субъекта, а задача сохранения окружающей среды становятся второстепенной.

3. Причины усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики, вызываемые хозяйствующими субъектами лесного сектора, связанные:

- с низкой эффективностью их деятельности;
- с нарушением законодательства и неисполнением обязательств перед государством (налоговых, природоохранных, иных). Так, по оценкам Всемирного фонда дикой природы, масштабы рубок леса в теневом секторе в России составляет свыше 30%, а в лесоизбыточных регионах (например, в Красноярском крае) до 59–70%. По экспертным оценкам, федеральный и региональные бюджеты недополучают каждый год в этой связи от 1 до 1,5 млрд руб. лесных платежей;
- нарушением законодательства и неисполнением обязательств перед контрагентами;
- оказанием негативного воздействия на окружающую среду.

4. Причины усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики, вызываемые 3-ми лицами, связанные:

- с негативным воздействием на окружающую среду;
- с причинением материального ущерба субъектам лесного сектора.

5. Причины усиления деформации малого предпринимательства в лесном секторе экономики, вызываемые объектами природного мира, связанные:

- с сокращением запасов лесных ресурсов;
- с ухудшением климатических условий;
- с ухудшением экологических условий.

Данные виды причин приводят к определенным деструктивным эффектам:

1. Эффект сокращения:

- ресурсов общества, государства, хозяйствующих субъектов (природных, финансовых, материальных, трудовых и пр.);
- деловой активности (производимой продукции) в легальном секторе экономики;
- продукции лесного сектора, в виде частных и общественных благ.

2. Эффект увеличения:

- издержек на хозяйственную деятельность в лесном секторе;
- издержек на приобретение продукции, производимой в лесном секторе;
- рисков для жизни и здоровья;
- деловой активности (производимой продукции) в теневом секторе экономики.

Виды деструктивного эффекта, чаще всего взаимосвязаны между собой. Так, сокращение природных ресурсов лесного сектора может привести к их дефициту, что выразится в более высокой цене доступа к ним. Высокая цена доступа может быть явной (установление государством более высоких ставок за право пользования ресурсами лесного сектора) и косвенной (труднодоступность лесных ресурсов, их удаленность и т. п.). Это, в свою очередь, отразится на снижении деловой активности хозяйствующих субъектов, на дефиците продукции предприятий лесного сектора, а в конечном итоге и на сокращении налоговых доходов государства. Другим отрицательным эффектом роста цены доступа к лесным ресурсам за счет увеличения государством ставок может выступать уход хозяйствующих субъектов в тень. В результате хозяйствующие субъекты смогут удовлетворить свои частные интересы в ущерб интересам государства, однако результативность такого шага для хозяйствующих субъектов будет зависеть от эффективности правоохранительной системы государства.

Однако сами по себе конфликты интересов объектов системы обеспечения экономической устойчивости лесного сектора не являются детерминантами теневой деятельности в лесном секторе экономики. Преобразование их в статус детерминантов происходит при возникновении второго условия: недостаточная эффективность выполнения государством собственных функций по согласованию экономических интересов в лесном секторе экономики.

Как показывает анализ, существуют системные проблемы рассматриваемой сфере. К ним, в частности, следует относить [2]:

1. Снижение объемов и запасов древесины на территориях, где расположены действующие лесопромышленные предприятия и транспортные пути.

2. Несовершенство применяемых методов и инструментов учета лесных ресурсов.

3. Недостаточная эффективность контроля за использованием лесных ресурсов, осуществляемого государственными органами в регионах.

4. Увеличение масштабов потерь лесных ресурсов от пожаров, вредителей и болезней. Увеличение экономического и экологического ущерба от лесных пожаров, вредных организмов и других факторов по сравнению с общими расходами на охрану, защиту и воспроизводство лесов.

5. Недостаточно высокое качество лесовосстановления.

6. Недостаточный уровень технического оснащения лесохозяйственных работ.

7. Недостаточная инфраструктура в лесном секторе экономики.

8. Постоянно повышающийся уровень теневой деятельности, связанной с оборотом древесины.

9. Снижение разнообразия биологических видов в лесах.

Каждый из названных факторов приводит к возрастанию масштабов деформации малого предпринимательства в лесной сфере экономики [3–6].

В-третьих, нехватка финансовых ресурсов.

Изучение результатов опросов малых предприятий позволяет сделать вывод, что предприниматели практически всегда на первое место выделяют проблему нехватки финансовых ресурсов. Результаты опроса руководителей малых предприятий позволили установить, что предприятия могут уводить часть деятельности в тень, в первую очередь, преследуя цель сокращения затрат. Предпринимательские структуры, осуществляющие свою деятельность без теневой

составляющей, получают более высокие затраты, чем предпринимательские структуры, работающие в тени. В этой связи усиление теневой деятельности выступает способом поддержания конкурентоспособности и необходимостью выживать на рынке [7–10].

Таким образом, причиной перехода предпринимателей в теневой сектор при нехватке финансовых средств выступают:

— превышение доходности незаконных рубок над законными;

— недостаточная занятость трудовых ресурсов в лесных регионах России;

— сравнительно низкий уровень доходов населения в лесных регионах России.

Кроме того, не менее важным фактором, обуславливающим уход малого предпринимательства в тень, является высокая налоговая нагрузка (это отметили 38% опрошенных предпринимателей). Нерациональное налогообложение, сравнительно высокие ставки налогообложения выступают ключевой причиной перехода в тень предпринимателей в лесном секторе и сокращения реальных масштабов их деятельности.

Несмотря на то, что малому и среднему предпринимательству со стороны государства оказывается различная организационная и финансовая поддержка, число субъектов малого предпринимательства работающих в тени, как и число предприятий банкротов остается стабильно высоким.

Заключение

Теневая экономика и кризисы имеют место при наличии низких показателей социально-экономического развития, несовершенного законодательства, высокого уровня налогообложения, в сочетании с неэффективной поддержкой малого предпринимательства. На основании вышесказанного сделаем вывод, что причинами, способствующими деформации деятельности в малом предпринимательстве, являются неадекватная государственная, правовая и экономическая политика и отсутствие действенных мер по поддержке малого предпринимательства.

5 Näyhä A., Pelli P., Hetemäki L. Services in the forest-based sector—unexplored futures // *Foresight*. 2015. V. 17. № 4. P. 378-398.

6 Overdevest C., Zeitlin J. Assembling an experimentalist regime: Transnational governance interactions in the forest sector // *Regulation & governance*. 2014. V. 8. № 1. P. 22-48.

7 Roos A., Stendahl M. The emerging bio-economy and the forest sector // *Forests, Business and Sustainability*. 2015. P. 179.

8 Кандакова Г.В. Проблемы повышения конкурентоспособности аграрного сектора России в условиях вступления в втo и направления их решения // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2013. №4. С. 307-311.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лысенкова Е.Н. Государственное правовое регулирование малого предпринимательства в целях обеспечения экономической безопасности Российской Федерации. М., 2006. 196 с.

2 Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года. URL: <http://nacles.ru/>

3 Jonsson R. et al. What is the current state of forest product markets and how will they develop in the future? // *European Forest Institute*. 2017. V. 2017. P. 126-131.

4 Nabuurs G. J. et al. A new role for forests and the forest sector in the EU post-2020 climate targets // *European Forest Institute*. 2015. № 2.

9 Широ М.С. Приоритетные направления формирования инновационной инфраструктуры регионов Южного Федерального округа // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. №2. С. 249-256.

REFERENCES

1 Lysenkova E.N. Gosudarstvennoe pravovoe regulirovanie malogo predprinimatelstva v tseliakh obespecheniia ekonomicheskoi bezopasnosti Rossiiskoi Federatsii [State legal regulation of small business in order to ensure economic security of the Russian Federation] Moscow, 2006. 196 p. (in Russian)

2 Strategiiia razvitiia lesnogo kompleksa Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda [Strategy of development of the forestry complex of the Russian Federation for the period until 2020] Available at: <http://nacles.ru> (in Russian)

3 Jonsson R. et al. What is the current state of forest product markets and how will they develop in the future? European Forest Institute. 2017. vol. 2017. pp. 126-131.

4 Nabuurs G. J. et al. A new role for forests and the forest sector in the EU post-2020 climate targets. European Forest Institute. 2015. no. 2.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Елена А. Колесниченко д.э.н., профессор, кафедра кадрового управления, Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, ул. Интернациональная, 33, Тамбов, 392000, Россия, ekolesnichenko@live.ru

Юлия М. Соколинская ст. преподаватель, кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, misterias@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Елена А. Колесниченко консультация в ходе исследования

Юлия М. Соколинская написала рукопись, корректировала её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 12.04.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 16.05.2018

5 Näyhä A., Pelli P., Hetemäki L. Services in the forest-based sector—unexplored futures. Foresight. 2015. vol. 17. no. 4. pp. 378-398.

6 Overdevest C., Zeitlin J. Assembling an experimentalist regime: Transnational governance interactions in the forest sector. Regulation & governance. 2014. vol. 8. no. 1. pp. 22-48.

7 Roos A., Stendahl M. The emerging bio-economy and the forest sector. Forests, Business and Sustainability. 2015. pp. 179.

8 Kandakova G.V. Problems of improving the competitiveness of the russian agricultural sector in wto accession and their solutions ways. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2013. no. 4. pp. 307-311. (in Russian)

9 Shiro M.S. Priority areas for the formation of innovation infrastructure of the Southern Federal District. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies] 2016. no. 2. pp. 249-256. (in Russian)

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Elena A. Kolesnichenko Cand. Sci. (Engin.), associate professor, Personnel Management department, Tambov State University named after GR. Derzhavin department, Internatsionalnaya str., 33, Tambov, 392000, Russia, ekolesnichenko@live.ru

Yuliya M. Sokolinskaya Senior Lecturer, Economic Security and Financial Monitoring department, Voronezh state university of engineering technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, misterias@mail.ru

CONTRIBUTION

Elena A. Kolesnichenko consultation during the study

Yuliya M. Sokolinskaya wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 4.12.2018

ACCEPTED 5.16.2018