

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**

2015, № 4 (66)

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

**Воронеж
2015**

**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),
БД AGRIS [ФАО ООН] (<http://agris.fao.org/>) – выборочно,
ЭБС Лань (www.e.lanbook.com/journal/element.php?pl10_cid=227&pl10_id=2217)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Председатель (Главный редактор):

ЧЕРТОВ Е.Д. *д-р техн. наук, проф., ректор ВГУИТ* (г. Воронеж)

Заместитель председателя (Зам. главного редактора):

АНТИПОВ С.Т. *заслуженный изобретатель РФ, д-р техн. наук, проф., проректор по научной и инновационной деятельности ВГУИТ* (г. Воронеж)

Члены редакционного совета:

АКСЕНОВА Л.М. *ак. РАН, д-р техн. наук* (г. Москва)
АНТИПОВА Л.В. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)
БИТЮКОВ В.К. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)
КОРНЕЕВА О.С. *д-р биол. наук, проф.* (г. Воронеж)
ЛИСИЦЫН А.Б. *ак. РАН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)
ОСТРИКОВ А.Н. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)
ПАНФИЛОВ В.А. *ак. РАН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)
ПОЛЯКОВ В.А. *ак. РАН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)
САЛИКОВ Ю.А. *д-р эконом. наук, проф.* (г. Воронеж)
СУХАНОВ П.Т. *д-р хим. наук, проф.* (г. Воронеж)
ХАРИТОНОВ В.Д. *ак. РАН, д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)
ХАТКО З.Н. *д-р техн. наук, доцент* (г. Майкоп)
ХИЦКОВ И.Ф. *ак. РАН, д-р эконом. наук, проф.* (г. Воронеж)
ШУТИЛИН Ю.Ф. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)
КАРМАНОВА О.В. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)
ХОРЕВ А.И. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)

Международный состав:

БЕЗБОРОДОВ В.С. *д-р хим. наук, проф.* (Республика Беларусь)
БЕОЛКИНИ Ф. *Ph.D. (Università Politecnica delle Marche, Италия)*
ВЕЛЬО Ф. *D. Sc. (UNIVAQ г. Аквила, Италия)*
ДОРЕМШКИН О.Б. *д-р техн. наук, проф.* (Республика Беларусь)
ИЗТАЕВ А. *д-р техн. наук, проф.* (Казахстан)
КУЗЬМИЦКИЙ И.Ф. *канд. техн. наук, доцент* (Республика Беларусь)
МЕДВЕДКОВ Е.Б. *д-р техн. наук, проф.* (Казахстан)
ПРОКОПЧУК Н.Р. *д-р хим. наук, проф.* (Республика Беларусь)
СТОРНЕЛЛИ В. *D. Sc. (UNIVAQ г. Аквила, Италия)*
УРБАНОВИЧ П.П. *д-р физ.-мат. наук, проф.* (Республика Беларусь)

Chairman (Editor-in-chief):

CHERTOV E.D. *D. Sc. Rector of VSUET* (Russia)

Vice-chairman:

ANTIPOV S.T. *D. Sc., Honored inventor of the Russian Federation, Vice President for Science and Innovation VSUET* (Russia)

Members of editorial council:

AKSENOVA L.M. *D. Sc. (Russia)*
ANTIPOVA L.V. *D. Sc. (Russia)*
BITYUKOV V.K. *D. Sc. (Russia)*
KORNEEVA O.S. *D. Sc. (Russia)*
LISITSYN A.B. *D. Sc. (Russia)*
OSTRIKOV A.N. *D. Sc. (Russia)*
PANFILOV V.A. *D. Sc. (Russia)*
POLYAKOV V.A. *D. Sc. (Russia)*
SALIKOV Yu.A. *D. Sc. (Russia)*
SUHANOV P.T. *D. Sc. (Russia)*
HARITONOV V.D. *D. Sc. (Russia)*
HATKO Z.N. *D. Sc. (Russia)*
HITSKOV I.F. *D. Sc. (Russia)*
SHUTILIN Yu.F. *D. Sc. (Russia)*
KARMANOVA O.V. *D. Sc. (Russia)*
HOREV A.I. *D. Sc. (Russia)*

International Editorial Council:

BEZBORODOV V.S. *D. Sc. (Republic of Belarus)*
BEOLCHINI F. *Ph. D. (Italy)*
VEGLIO F. *D. Sc. (Italy)*
DORMESHKIN O.B. *D. Sc. (Republic of Belarus)*
IZTAEV A. *D. Sc. (Kazakhstan)*
KUZMITSKY I.F. *Ph. D. (Republic of Belarus)*
MEDVEDKOV E.B. *D. Sc. (Kazakhstan)*
PROKOPCHUK N.R. *D. Sc. (Republic of Belarus)*
STORNELLI V. *D. Sc. (Italy)*
URBANOVICH P.P. *D. Sc. (Republic of Belarus)*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ РУБРИК

Процессы и аппараты пищевых производств

ОСТРИКОВ А.Н. (гл. ред.), ШЕВЦОВ А.А. (зам. гл. ред.), АБРАМОВ О.В., АНТИПОВ С.Т., ВАСИЛЕНКО В.Н., КАЛАШНИКОВ Г.В. КРАВЧЕНКО В.М., КРЕТОВ И.Т., ЛЫТКИНА Л.И., СЛЮСАРЕВ М.И., ШАХОВ С.В., ШИШАЦКИЙ Ю.И.

Информационные технологии, моделирование и управление

БИТЮКОВ В.К. (гл. ред.), ХАУСТОВ И.А. (зам. гл. ред.), АБРАМОВ Г.В., АВЦИНОВ И.А., БУГАЕВ Ю.В., КОЛОДЕЖНОВ В.Н., КУДРЯШОВ В.С., ЛЕБЕДЕВ В.Ф., ТИХОМИРОВ С.Г., ХВОСТОВ А.А., ШИТОВ В.В.

Пищевая биотехнология

АНТИПОВА Л.В. (гл. ред.), СЛОБОДЯНИК В.С. (зам. гл. ред.), АГАФОНОВ Г.В., БЕССОНОВА Л.П., ГОЛУБЕВА Л.В., ДВОРЯНИНОВА О.П., МАГОМЕДОВ Г.О., ПОНОМАРЁВА Е.И., СУЛЕЙМАНОВ С.М., УСПЕНСКАЯ М.Е.,

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

КАРМАНОВА О.В. (гл. ред.), КУЧМЕНКО Т.А. (зам. гл. ред.), ЖУЧКОВ А.В., КОРЧАГИН В.И., МОКШИНА Н.Я., НИКУЛИН С.С., НИФТАЛИЕВ С.И., ПАНОВ С.Ю., СУХАНОВ П.Т., ФИЛИМОНОВА О.Н., ШУТИЛИН Ю.Ф.

Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов

КОРНЕЕВА О.С. (гл. ред.), ГОЛЫБИН В.А. (зам. гл. ред.), БОЛОТОВ В.М., ГОЙКАЛОВА О.Ю., ГРИГОРОВ В.С., ГРОМКОВСКИЙ А.И., КУЛЬНЕВА Н.Г., ЧЕРЁМУШКИНА И.В., ЧЕРЕНКОВ Д.А., ШУВАЕВА Г.П.

Экономика и управление

ХОРЕВ А.И. (гл. ред.), САЛИКОВ Ю.А. (зам. гл. ред.), БАУТИН В.М., БЕЛЯЕВА Г.В., БОГОМОЛОВА И.П., ВОРОНИН В.П., ЖУРАВЛЕВ Ю.В., ОВЧИННИКОВА Т.И., ПАДАЛКИН В.Ю., ПОДМОЛОДИНА И.М., РОДИОНОВА Н.С., ШТЕФАН В. И.

Официальный сайт «Вестник ВГУИТ» www.vestnik.vsu.ru

Подписной индекс издания в агентстве "Роспечать" 70927

Ответственный секретарь: ДЕРКАНОСОВА А.А. (эл. почта: vestnikvgta@mail.ru)

Учредитель: ФГБОУ ВПО «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, 19

тел./факс: (473) 255-37-16

Сдано в набор 14.12.2015. Подписано в печать 28.12.2015.

Формат 70×100 1/8.

Усл. печ. л. 37 Тираж 1500 экз. Заказ. С. 253 .

Цена – свободная.

© ФГБОУ ВО

«Воронеж. гос. ун-т инж.
технол.», 2015

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

Antipov S.T., Shakhov S.V., Martekha A.N., Berestovoy A.A. Development a method for producing vegetable oil from safflower seeds by pressing in the field of ultrasound

Shevtsov A.A., Muravev A.S. Model representation of the spray drying process of the distillery stillage filtrate based on Navier-Stokes equations

Magomedov G.O., Shakhov S.V., Magomedov M.G., Saranov I.A. Investigation of hygroscopic properties of powder of semifinished kvass wort concentrate, malt extract of barley and chicory extract

Alekseev G.V., Basheva E.P., Derkanosova A.A. Possible ways of computer modeling and design of technological machines and equipment for food production

Kalashnikov G.V., Letvinov E.V. The line for production of dried apples, pears, carrots, pumpkin and chips

Kazartsev D.A., Zhuravlev A.V., Yurova I.S., Borodkina A.V. Investigation of the kinetics of drying seeds thistle vortex chamber with microwave energy supply

Ananskikh V.V., Chesnokov V.M. Vapor mixer for gelatinization of starch in liquefying station

Mazukha N.A., Kartavtsev V.V., Mazukha A.P., Shitov V.V. The scheme with the multipurpose relay for economy of electric energy in to grain thrower

Sidorenko A.S., Potapov A.I. Mathematical model of non-isothermal flow of highly viscous media channels matrix extruder

INFORMATION TECHNOLOGIES, MODELLING AND CONTROL

Avtsinov I.A., Bityukov V.K., Malikov D.Yu., Ivashin A.L. Fundamentals of structural typology device design with a gas bearing layer

Vasechkin M.A., Egorov S.V., Kolomenskii A.B., Chertov E.D. Temporary tensile strength of welded structures made from domestic and foreign materials

Tokarev A.V., Krasulya O.N. Optimization of control actions in the formulation of sausage products in the presence of technological defects

Desyatov D.B., Glagikh T.V., Voronova E.V. Modeling probabilistic conflict of technological systems

Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Stukalov R.V., Shirinkin N.V. Study the functions and structure of management information system

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

7 **Антипов С.Т., Шахов С.В., Мартеха А.Н., Берестовой А.А.** Разработка способа получения растительного масла из семян сафлора методом прессования в поле ультразвука

11 **Шевцов А.А., Муравьев А.С.** Модельные представления процесса распылительной сушки фильтрата спиртовой барды на основе уравнений Навье–Стокса

17 **Магомедов Г.О., Шахов С.В., Магомедов М.Г., Саранов И.А.** Исследование гигроскопических свойств порошкообразных полуфабрикатов концентрата квасного сула, солодового экстракта ячменя и экстракта цикория

22 **Алексеев Г.В., Башева Е.П., Дерканосова А.А.** Возможные направления компьютерного моделирования и проектирования технологических машин и оборудования пищевых производств

28 **Калашников Г.В., Литвинов Е.В.** Линия производства сушеных яблок, груш, моркови, тыквы и чипсов

32 **Казарцев Д.А., Журавлев А.В., Юрова И.С., Бородкина А.В.** Исследование кинетики сушки семян рапсуса в вихревой камере с СВЧ-энергоподводом

38 **Ананских В.В., Чесноков В.М.** Паровой смеситель для клейстеризации крахмала в разжижающей установке

43 **Мазуха Н.А., Картавец В.В., Мазуха А.П., Шитов В.В.** Схема с многофункциональным реле для экономии электрической энергии в зернометателе

48 **Сидоренко А.С., Потапов А.И.** Математическая модель неізотермического течения высоковязких сред в каналах матрицы экструдера

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

53 **Авцинов И.А., Битюков В.К., Маликов Д.Ю., Ивагин А.Л.** Основы структурной типологизации конструирования устройств с газовой несущей прослойкой

61 **Васечкин М.А., Егоров С.В., Коломенский А.Б., Чертов Е.Д.** Временное сопротивление разрыву сварных конструкций, изготовленных из отечественных и импортных материалов

66 **Токарев А.В., Красуля О.Н.** Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов

72 **Десятов Д.Б., Гладких Т.В., Воронова Е.В.** Моделирование вероятностного конфликта технологических систем

76 **Скрышников А.В., Чернышова Е.В., Стукалов Р.В., Ширинкин Н.В.** Исследование функций и структуры информационной системы управления

Belokurov S.V., Kondratov O.A., Sidel'nikov A.P., Belokurova E.V. Quality management operation mechanisms for the protection of information in the info-communication systems

Zhernakov S.V., Gavrilov G.N. Detection of malicious software using classical and neural network classification methods

Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Stukalov R.V., Shirinkin N.V. Research of problems of design of complex technical providing and the generalized model of their decision

FOOD BIOTECHNOLOGY

Rodionova N.S., Manukovskaya M.V., Kolomnikova J.P., Serchenya M.V. Investigation of antioxidant activity of black-berry and cranberry liqueurs, prepared by the method of ultrasonic extraction

Magomedov G.O., Zatsepilina N.P., Zhuravlev A.A., Cheshinskiy V.L. Development of a functional purpose whipped bread whole grain wheat, rye and wheat bran

Shentsova E.S., Panin I.G., Grechishnikov V.V., Panin A.I. Evaluation of errors of nutrients and bioactive substances in animal feed production

Belokurova E.V., Solokhin S.A., Rodionov A.A. The effect of probiotic bacterial concentrate "Immunolakt" on bakery products quality

Kolpakova V.V., Lukin D.N., Chumikina L.V., Shevyakova L.V. Chemical composition and functional properties of rice protein concentrates

Zhukov I.V., Ushkova A.A. The study of the causes of metabolic disorders and low intensity of specific immunity in laying hens

FUNDAMENTAL AND APPLIED CHEMISTRY, CHEMICAL TECHNOLOGY

Blandov A.N., Musta Ogly N.M. Research of kinetics alaninaminotransferase activities in potatoes

Kuchmenko T.A., Chernyshova S.E. The identification of monoethanolamine in the atmosphere using two sensors on the base of potassium fluoride microphase

Igumenova T.I., Shul'ga A.M. Study on heat dynamic loading of rubber

Kuchmenko T.A., Griboedova I.A. Development of rapid technique for determination of the total mineralization of natural waters

Nikitina S.Yu. The efficiency of impurities extraction during the process of ethanol epuration

Lukin N.D., Usachev I.S. Technology of thermoplastic starch production

Kuznetsova I.V., Lygina L.V., Netesova G.A. Water condition in cells of chlorella

80 Белокуров С.В., Кондратов О.А., Сидельников А.П., Белокурова Е.В. Управление качеством функционирования механизмов защиты информации в инфокоммуникационных системах

85 Жернаков С.В., Гаврилов Г.Н. Детектирование вредоносного программного обеспечения с применением классических и нейросетевых методов классификации

93 Скрышников А.В., Чернышова Е.В., Стукалов Р.В., Ширинкин Н.В. Исследование задач проектирования комплексного технического обеспечения и обобщенная модель их решения

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

98 Родионова Н.С., Мануковская М.В., Коломникова Я.П., Серченя М.В. Исследование антиоксидантной активности настоек из ежевики и клюквы, приготовленных методом ультразвукового экстрагирования

104 Магомедов Г.О., Зацепилина Н.П., Журавлев А.А., Чешинский В.Л. Разработка сбивного хлеба функционального назначения из муки цельнозернового зерна пшеницы, ржаных и пшеничных отрубей

109 Шенцова Е.С., Панин И.Г., Гречишников В.В., Панин А.И. Оценка погрешностей содержания питательных и биологически активных веществ в комбикормовой продукции

116 Белокурова Е.В., Солохин С.А., Родионов А.А. Влияние пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» на показатели качества булочных изделий

120 Колпакова В.В., Лукин Д.Н., Чумикина Л.В., Шевякова Л.В. Химический состав и функциональные свойства рисовых белковых концентратов

125 Жуков И.В., Ушкова А.А. Изучение причин нарушений обмена веществ и низкой напряженности специфического иммунитета у кур-несушек

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

129 Бландов А.Н., Муста Оглы Н.М. Исследование кинетики аланинаминотрансферазной активности в картофеле

135 Кучменко Т.А., Чернышова С.Е. Идентификация моноэтаноламина в воздухе с применением двух сенсоров на основе микрофазы фторида калия

140 Игуменова Т.И., Шульга А.М. Исследование теплообразования при динамическом нагружении резин

143 Кучменко Т.А., Грибоедова И.А. Разработка быстрого способа определения общей минерализации природных вод

150 Никитина С.Ю. К вопросу об эффективности извлечения примесей при эспирации этанола

156 Лукин Н.Д., Усачев И.С. Технология получения термопластичных крахмалов

160 Кузнецова И.В., Лыгина Л.В., Нетесова Г.А. Состояние воды в клетках хлореллы

BIOTECHNOLOGY, BIONANOTECHNOLOGY AND SUGAR PRODUCTS TECHNOLOGY

- Kostyrya O.V., Korneeva O.S.** Application of dihydroquercetin in the production of products with prolonged shelf life
- Ageev V.V., Fedoruk V.A.** Safety of life activity and ecological compatibility in the grocery department of a beet-sugar factory
- Lazarev S.I., Shestakov K.V., Pronina O.A., Korneeva O.S.** Research specific flux of solvent in the processes of ultrafiltration and reverse osmosis of biological solutions separation in biochemical industry
- Ananskikh V.V., Shleina L.D.** Granulometric composition of granular starch sweeteners
- Golybin V.A., Matvienko N.A., Fedoruk V.A., Murach D.S.** Managing product safety system HACCP on the example of beet-sugar production

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- Serebryakova N.A., Semenenko S.V., Grishchenko N.V.** Structurization of competitive capacity of trade organization
- Samoilov P.V., Fedoseev A.I., Smarchkova L.V., Zhitenev S.L.** Conflict management crisis the situation in order to improve the economic enterprise security
- Agafonov S.M.** Improving the system of developing and implementing risk management in emergency situations for small businesses in the field of tourism services
- Oborin M.S.** A systematic approach to the disclosure of the nature and content of the sanatorium-resort activities
- Bakanach O.V., Proskurina N.V., Tokarev Yu.A.** Statistical analysis of competitiveness' factors of regions of the Russian Federation
- Samokhvalov A.A., Myagkov A.A.** Aspect unemployment problem in resource-efficient economic development of Russia
- Milenkov A.V.** Essence, structure and functions of the regional financial system
- Kiseleva O.N.** Management innovations in the system of the crisis management of the enterprise

БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОНАНОТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ САХАРИСТЫХ ПРОДУКТОВ

- 165 Костыря О.В., Корнеева О.С.** О перспективах применения дигидрокверцетина при производстве продуктов с пролонгированным сроком годности
- 171 Агеев В.В., Федорук В.А.** Безопасность жизнедеятельности и экологичность в продуктовом отделении свеклосахарного завода
- 176 Лазарев С.И., Шестаков К.В., Пронина О.А., Корнеева О.С.** Исследование удельного потока растворителя в процессах ультрафильтрационного и обратноосмотического разделения биологических растворов биохимических производств
- 181 Ананских В.В., Шленина Л.Д.** О гранулометрическом составе гранулированных сахаристых веществ
- 186 Голыбин В.А., Матвиенко Н.А., Федорук В.А., Мурач Д.С.** Управление безопасностью продукции по системе ХАССП на примере свеклосахарного производства

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- 194 Серебрякова Н.А., Семененко С.В., Грищенко Н.В.** Структуризация конкурентного потенциала торговой организации
- 203 Самойлов П.В., Федосеев А.И., Смarchkova Л.В., Житенев С.Л.** Управление конфликтами в кризисной ситуации в целях повышения экономической безопасности предприятия
- 208 Агафонов С.М.** Совершенствование системы формирования и внедрения управления рисками в чрезвычайных ситуациях на предприятиях малого бизнеса в сфере туристских услуг
- 216 Оборин М.С.** Системный подход к раскрытию сущности и содержания санаторно-курортной деятельности
- 222 Баканач О.В., Проскурина Н.В., Токарев Ю.А.** Статистический анализ факторов конкурентоспособности регионов Российской Федерации
- 229 Самохвалов А.А., Мягков А.А.** Проблемы безработицы в аспекте ресурсоэффективности экономического развития РФ
- 233 Миленков А.В.** Сущность, структура и функции финансовой системы региона
- 237 Киселева О.Н.** Организационно-управленческие инновации в системе антикризисного управления предприятием

УДК 621.777: 633.855

Профессор С.Т. Антипов, профессор С.В. Шахов,
старший преподаватель А.Н. Мартеха, аспирант А.А. Берестовой
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.
тел. (473) 255-37-51
E-mail: berestovoy_1991@mail.ru

Professor S.T. Antipov, professor S.V. Shakhov,
senior lecturer A.N. Martekha, graduate A.A. Berestovoy
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and
equipment for food production. phone (473) 255-37-51
E-mail: berestovoy_1991@mail.ru

Разработка способа получения растительного масла из семян сафлора методом прессования в поле ультразвука

Development a method for producing vegetable oil from safflower seeds by pressing in the field of ultrasound

Реферат. В статье показана перспективность производства в сельском хозяйстве семян сафлора в пищевых целях и извлечения биологически активных компонентов. Приведен физико-химический состав семян сафлора, который богат ненасыщенными жирными кислотами. Сафлоровое масло обладает смягчающим и увлажняющим действием, обеспечивает барьерную функцию кожи, следовательно, жирное масло перспективно в плане научного обоснования использования в медицинской практике. В статье поставлена задача разработки комплекса технологий извлечения масла из семян сафлора и эффективного его использования. Представлены способы переработки семян сафлора с целью получения растительного масла. Приведен наиболее производительный и перспективный метод переработки семян сафлора по схеме пресс-экструдер. Описаны стадии прессования семян сафлора при переработке по схеме пресс-экструдер. Решающее значение технологии переработки семян сафлора имеют две фундаментальные реологические характеристики: вязкость и упругость, которые зависят от структуры сырья, молекулярно-массового распределения, а также от условий переработки, таких как температура, давление и скорость течения. Исследована зависимость плотности жмыха сафлора от его влажности, сделан вывод, что с увеличением влажности плотность частиц увеличивается, что обусловлено набуханием коллоидов зерна. Кроме того, исследована зависимость напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига, сделан вывод, что с повышением скорости сдвига влияние температуры на градиент вязкости ослабевает. В статье показана перспективность изучения процесса экструзии в присутствии поля ультразвука и создания оборудования, учитывающее данные свойства. Использование ультразвука существенно снижает затраты энергии и необходимое давление при формовании семян сафлора, улучшает качество продукта.

Summary. The article shows the prospects of production in agriculture safflower seeds for food and extract biologically active components. The physicochemical composition of safflower, which is rich in unsaturated fatty acids. Safflower oil has a soothing and moisturizing effect, provides a barrier function of the skin, therefore, fatty oil is promising in terms of scientific evidence use in medical practice. In the article the task of developing a set of processes to extract oil from the seeds of safflower and effective use. The ways of processing safflower seed to obtain oil. It is the most productive and promising method for processing seeds of safflower scheme press extruder. Described compression step in the processing of safflower seeds scheme press extruder. Crucial processing technology safflower seeds have two fundamental rheological characteristics of viscosity and elasticity, which depend on the structure of the raw material, the molecular weight distribution, and processing conditions such as temperature, pressure and flow rate. The dependence of the density of its safflower cake moisture concluded that with humidity increase the particle density increases, due to the swelling of colloids grain. Furthermore, the dependence of shear stress and the effective viscosity versus shear rate, it is concluded that with increasing shear rate influence of temperature on the viscosity gradient weakens. The article shows the study of the prospects of the extrusion process in the presence of the ultrasound field and the creation of equipment that takes into account these properties. The use of ultrasound significantly reduces energy consumption and necessary to prevent the molding ion safflower seeds, improves product quality.

Ключевые слова: сафлор, ультразвук, прессование.

Keywords: safflower, ultrasound, pressing.

Одной из наиболее актуальных проблем в настоящее время является улучшение структуры питания населения. В последние годы возрос интерес к использованию новых видов культивируемых зерновых растений, отличающихся от традиционных по комплексу полезных свойств и признаков.

Среди новых растительных ресурсов питания, используемых человечеством, особое место занимает сафлор, в связи с его высокой продуктивностью и перспективностью производства в сельском хозяйстве и благодаря уникальному химическому составу семян, начинает играть большую роль в использовании его для пищевых целей и извлечения биологически активных компонентов.

Сафлор (*Carthamnus*) – род одно-, двух- или многолетних травянистых растений семейства астровых. Средняя урожайность семян составляет 10-12 ц/га, при благоприятных условиях – до 20 ц/га и более. Сафлор выращивают преимущественно как масличную культуру. Его семена содержат 25-37 % (в ядре 46-60 %) полувывсыхающих масел (йодное число – 115-155) и до 12 % белка. Сафлоровое масло приближается по вкусовым качествам подсолнечному, его используют в пищевых целях для изготовления маргарина высокого качества [1].

Интерес к сафлору с точки зрения агротехнической в начале XXI века вызван главным образом прогнозируемой аридизацией климата и возможностью диверсификации масличных культур с целью снижения доли участия подсолнечника в полевых севооборотах. В нашей стране на сегодняшний день допускается использование масла из семян сафлора только в качестве компонента для производства биологических активных добавок (БАД) и косметологических средств. В то же время в зарубежных фармакопеях (фармакопея США, Британская Травяная фармакопея, Китайская фармакопея) имеются статьи на сафлоровое масло [2].

Сафлоровое масло богато ненасыщенными жирными кислотами, масло пропитывает кожу быстрее и впитывается практически мгновенно. Имеет смягчающее и увлажняющее действия. Обеспечивает барьерную (защитную) функцию кожи. Эти свойства способствовали широкому применению в различных кремах и мазях для кожи.

Масло сафлора стимулирует выделение желудочного сока, ферментов поджелудочной железы, характеризующееся желчегонным, противосклеротическим действием, выводит песок из желчного пузыря, снимает спазм кишечника и метеоризм. Нормализует уровень глюкозы в кро-

ви, гормональный баланс при мастопатии, обеспечивает болеутоляющее действие, является отхаркивающим и потогонным средством [3].

Особенностью анализируемого масла является значительное содержание линолевой кислоты (свыше 78 %), которая относится к незаменимым и необходима для обеспечения целостности плазматических мембран, процессов роста и воспроизводства, функционирования кожи и других органов. Высокое содержание линолевой кислоты позволяет предположить наличие у масла семян сафлора биологической активности, а именно гипохолестеринемической. Следовательно, жирное масло перспективно в плане научного обоснования использования в медицинской практике [3].

Многообразие компонентного состава семян сафлора, обладающего вышеперечисленными уникальными свойствами, является основой для разработки комплекса технологий извлечения этих компонентов и эффективного их использования. Создание таких технологий, определение областей применения масла сафлора с выяснением возможности получения продуктов повышенной физиологической ценности является актуальной задачей.

Переработка семян сафлора на прессах может осуществляться способами как холодного, так и горячего прессования [4]. Возможны следующие технологические схемы:

- однократное прессование холодным способом;
- двукратное прессование холодным способом;
- двукратное прессование с экструзией.

Наиболее производительным и перспективным методом переработки семян сафлора считается переработки сафлора по схеме пресс-экструдер. При переработке семян сафлора на линии прессования с экструзией фактически сочетаются две технологии. Первая – предварительное прессование холодным способом, когда семена прессуются в маслопрессе [5]. На данном этапе происходит выделение большей части масла высокого качества с малым содержанием фосфолипидов. Вторая – экструзия жмыха в экструзионной головке маслопресса. Жмых, полученный после прессования холодным способом, имеет оптимальные параметры для экструзии: содержание масла 16-20 %, влажность около 8 % и температуру от 50 до 80 °С, что позволяет производить экструзию с более низкими затратами энергии. Третья – окончательное прессование горячим способом: температура экструдата составляет приблизительно 100 °С, структура материала достаточно разрушена и подготовлена

для окончательного прессования с остаточной маслянистостью получаемого жмыха 6-7 %.

При экструзии сырой продукт находится под воздействием высоких температур незначительное время. При этом, температура продукта в экструзионной головке маслопресса в результате трения позволяет подвергнуть семена тепловой обработке и тем самым подавить антипитательные вещества. Это дает возможность использовать жмых сафлора в рационе животных без дополнительной обработки.

Необходимо установить связь интенсивности процесса и качества продукции со свойствами исходного сырья, технологическими и конструктивными факторами переработки. Решающее значение технологии переработки семян сафлора имеют две фундаментальные реологические характеристики - вязкость и упругость, которые зависят от структуры сырья, молекулярно-массового распределения, а также от условий переработки, таких, как температура, давление и скорость течения. Таким образом, установление взаимосвязей между реологическими свойствами и молекулярными характеристиками с одной стороны, и между реологическими свойствами и условиями переработки, с другой, необходимо при построении критериев усовершенствования и оптимизации процесса прессования.

Зависимость плотности жмыха сафлора от его влажности представлена на рисунке 1.

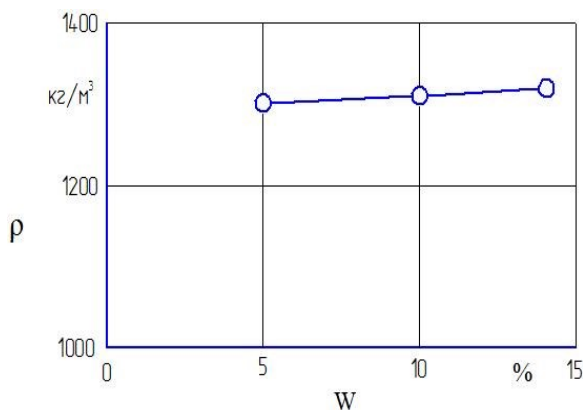


Рисунок 1. Влияние влажности на плотность жмыха сафлора

Из рисунка 1 видим, что с увеличением влажности плотность частиц увеличивается, что, видимо, обусловлено набуханием коллоидов зерна.

Приведенные данные показывают, что с увеличением влажности плотность частиц увеличивается, что обусловлено набуханием его коллоидов зерна.

Основным конструкционным узлом в прессующей установке является формирующий инструмент – экструзионная головка. В каналах формирующего инструмента сырье подвергается одновре-

менному воздействию деформаций сдвига и растяжения, при этом изменяются его реологические свойства. Поэтому требуются исследования процесса, определяющиеся свойствами сырья и размерами формирующей оснастки.

Проведя предварительные исследования процесса прессования и экструзии семян сафлора, получили зависимость напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига, представленная на рисунке 2.

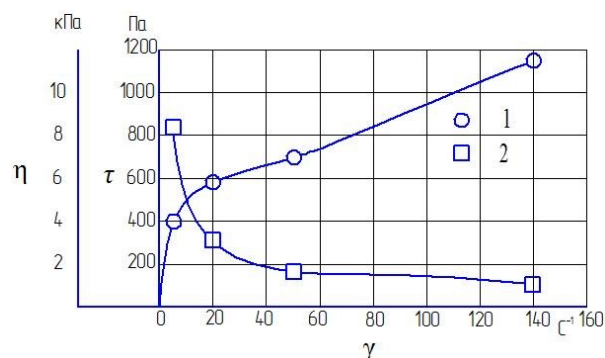


Рисунок 2. Зависимость напряжения сдвига и эффективной вязкости от скорости сдвига при температуре 363 К
1-напряжение сдвига; 2-эффективная вязкость

Из рисунка 2 видим, что с повышением скорости уменьшается взаимодействие между частицами. Увеличение температуры приводит к понижению вязкости продукта, но с постоянно уменьшающимся градиентом, за счет усиления влияния броуновского движения молекул, нарушающего их ориентацию при перемешивании вдоль направления деформации. С повышением скорости сдвига влияние температуры на градиент вязкости ослабевает.

Процесс экструзии характеризуется большими удельными затратами энергии, а вопросы рационального расходования топливно-энергетических ресурсов приобретают важное значение.

Поэтому стоит задача создания и освоения прогрессивных процессов с применением современных физических методов обработки, проектирования и создания нового оборудования повышенной эффективности.

Вместе с тем представляет интерес изучение процесса экструзии в присутствии поля ультразвука и создания оборудования, учитывающее данные свойства. Проведенный анализ показал, что ультразвуковые колебания перспективны в технологических процессах производства растительных масел. Результаты проводимых нами предварительных экспериментов показывают, что ультразвук является эффективным способом воздействия на структуру деформированного сырья с целью улучшения его свойств. Для создания ультразвуковых колебаний в ка-

кой-либо технологической среде применяются ультразвуковые колебательные системы. Их назначение заключается в преобразовании электрических колебаний в механические колебания, их усиление и ввод в технологическую среду [6].

Обработка опытных данных показывает, что использование ультразвука существенно снижает затраты энергии и необходимое давление при формовании семян сафлора, улучшает качество продукта. Применение ультразвука позволяет уменьшить вязкость исходного сырья, снизить температуру формования, повысить

скорость экструзии, уменьшить постэкструзионное разбухание продукта, что приводит в целом к повышению производительности процесса.

При расчете и конструировании экструзионных головок для получения масла из семян сафлора, необходима разработка научно-обоснованных рекомендаций, позволяющих связать реологические свойства сырья с геометрией канала и параметрами технологического процесса, в частности, с оптимальной частотой ультразвуковых колебаний.

ЛИТЕРАТУРА

1 Матеев Е.З., Шахов С.В., Шукуров Б.Э. К вопросу переработки сафлора как перспективной масличной культуры // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 3-2. С. 220-220а.

2 Зубков В.В., Милёхин А.В., Куркин В.А., Харисова А.В. и др. Перспективы использования масла семян сафлора красильного в пищевой и фармацевтической промышленности // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 5-3. С. 1135-1139.

3 Буцких М.К., Иосафатова Т.В. Перспективы использования масла из семян сафлора красильного в пищевой промышленности и медицине // Всероссийская студенческая научно-практическая конференция "Гигиена: здоровье и профилактика", посвященная 95-летию СамГМУ сборник материалов. ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет». Самара, 2014. С. 32-33.

4 Кадирбаев М.К., Еркебаев М.Ж., Садвокасова Д.С., Матеев Е.З. и др. Технологическая линия производства сафлорового масла // Вестник Алматинского технологического университета. 2013. № 5. С. 16-20.

5 Матеев Е.З., Усманов А.А., Мергенбаева Г.К. Требования к выбору параметров пресса для «холодного» отжима масла // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана. 2011. № 12. С. 90-94.

6 Антуфьев В.Т., Верболоз Е.И., Кобыда Е.В. Макароны с ультразвуковым излучателем // Хлебопродукты. 2014. № 2. С. 44-45.

REFERENCES

1 Mateev E.Z., Shakhov S.V., Shukurov B.E. On the issue of processing of safflower as a promising oilseed. *Mezhdunarodnyi studentcheskii nauchnyi vestnik*. [International Student Scientific Herald], 2015, no 3-2, pp. 220-220a. (In Russ.).

2 Zubkov V.V., Milekhin A.V., Kurkin V.A., Kharisova A.V. et al. Prospects for the use of oil, safflower seed in the food and pharmaceutical industries. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiiskoi akademii nauk*. [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2014, vol. 16, no. 5-3, pp. 1135-1139. (In Russ.).

3 Butskikh M.K., Iosafatova T.V. Prospects for the use of oil from safflower seeds in food and medicine. *Vserossiyskaja studentcheskaja nauchno-prakticheskaja konferencija "Gigiena: zdorov'e i profilaktika", posvjashhennaja 95-letiju SamGMU sbornik materialov. GBOU VPO «Samsarskij gosudarstvennyj medicinskij universitet»*. [All-Russian Scientific Practical Conference "Health: health and prevention," dedicated to the 95th anniversary of the Samara State Medical University sourcebook. Medical University "Samara State Medical University"]. Samara, 2014. pp. 32-33. (In Russ.).

4 Kadirbaev M.K., Erkebaev M.Zh., Sadvokasova D.S., Mateev E.Z. et al. The production line production of safflower oil. *Vestnik Almatinskogo tehnologicheskogo universiteta*. [Journal of Almaty Technological University], 2013. no 5. pp. 16-20. (In Russ.).

5 Mateev E.Z., Usmanov A.A., Mergenbaeva G.K. Requirements for selection of parameters press for the "cold" pressed oils. *Vestnik sel'skhozjajstvennoj nauki Kazahstana*. [Bulletin of Agricultural Science of Kazakhstan], 2011, no. 12, pp. 90-94. (In Russ.).

6 Antuf'ev V.T., Verbolojz E.I., Kobida E.V. Pasta press with an ultrasonic emitter. *Khleboprodukty*. [Bakery], 2014, no 2, pp. 44-45. (In Russ.).

УДК 663.52, 664.647.3

Профессор А.А. Шевцов, аспирант А.С. Муравьев

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств.

тел. +7(473)255-38-51

E-mail: 79204104299@ya.ru

Professor A.A. Shevtsov, , post-graduate A.S. Muravev

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technology of bread, confectionary, pasta and grain production department.

phone +7(473)255-38-51

E-mail: 79204104299@ya.ru

Модельные представления процесса распылительной сушки фильтрата спиртовой барды на основе уравнений Навье–Стокса

Model representation of the spray drying process of the distillery stillage filtrate based on Navier-Stokes equations

Реферат. Распылительная сушка растворов и суспензий является одним из наиболее распространенных методов производства широкого спектра порошкообразных продуктов в химической, пищевой и фармацевтической промышленности. Для сушки термочувствительных материалов, к которым в полной мере относится фильтрат барды, рассматривается прямоточный тип контакта сушильного агента и капель раствора. Применялось двухфазное моделирование методом вычислительной гидродинамики в стационарном состоянии для изучения процесса сушки фильтрата барды в экспериментальной распылительной сушилке при следующих допущениях: компоненты образуют идеальную смесь, свойства которой рассчитывались непосредственно из свойств компонентов и их пропорций; капли представлялись в сферической форме; плотность и удельная теплоемкость раствора и коэффициент диффузии паров в газовой фазе оставались неизменными. Для решения уравнений теплообмена между сушильным агентом и каплями методом конечных объемов использовался пакет программного обеспечения ANSYS CFX. Связь между двумя фазами устанавливалась уравнениями Навье–Стокса. Непрерывная фаза (капли фильтрата) описывалась k-ε моделью турбулентности. Полученные результаты показали, что взаимодействие «капля–стенка» вызывает значительные изменения скорости, температуры и влажности как сушильного агента, так и частиц продукта. Зависимость физических параметров процесса сушки от геометрических размеров сушилки позволили установить поведение частиц при распылении, столкновении со стенками и осаждении готового продукта. Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными показали удовлетворительное сходжение результатов: для температуры порошка 10 % его влажности 12 % и температуры отработанного сушильного агента на выходе из сушилки 13 %. Показана возможность использования модели при проектировании распылительных сушилок и управления параметрами в процессе сушки.

Summary. Spray drying of solutions and suspensions is among the most common methods of producing a wide range of powdered products in chemical, food and pharmaceutical industries. For the drying of heat-sensitive materials, which is fully applicable to the distillery stillage filtrate continuous-flow type of contact of drying agent and the solution droplets is examined. Two-phase simulation method of computational hydrodynamics in a stationary state for studying the process of drying of the distillery stillage filtrate in the pilot spray dryer under the following assumptions was used. The components form an ideal mixture, the properties of which are calculated directly from the properties of the components and their proportions. The droplets were presented in spherical form. The density and specific heat of the solution and the coefficient of vapors diffusion in the gas phase remained unchanged. To solve the heat exchange equations between the drying agent and the drops by the finite volume method the software package ANSYS CFX was used. The bind between the two phases was established by Navier-Stokes equations. The continuous phase (droplets of the distillery stillage filtrate) was described by the k-ε turbulence model. The results obtained showed that the interaction of "drop-wall" causes a significant change of velocity, temperature and humidity both of a drying agent and the product particles. The behavior of the particles by spraying, collision with walls and deposition of the finished product allowed to determine the dependence of physical parameters of the drying process, of the geometric dimensions of the dryer. Comparison of simulation results with experimental data showed satisfactory convergence of the results: for the temperature of the powder 10% its humidity of 12% and temperature of the spent drying agent at the outlet from the drier of 13%. The possibility of using the model in the spray dryers designing, and control of the drying process is shown.

Ключевые слова: моделирование, фильтрат барды, распылительная сушка, уравнения Навье–Стокса, вычислительная гидродинамика.

Keywords: modeling, distillery stillage filtrate, spray drying, Navier-Stokes equations, computational hydrodynamics.

Распылительная сушка растворов или суспензий является одним из наиболее распространенных методов производства широкого спектра порошкообразных продуктов в химической, пищевой и фармацевтической промышленности. В сушильных башнях распылительных сушилок контакт между каплями и тепловым агентом осуществляется прямоточно или противоточно. Наиболее предпочтительным для сушки термочувствительных материалов, таких как фильтрат барды, является прямоточный тип. Тепловой агент вступает в контакт с каплями в верхней части башни, где они имеют максимальную влажность при температуре мокрого термометра, при этом агент теряет большую часть тепла испаряя влагу.

Разработке математических моделей процесса распылительной сушки посвящены ряд работ отечественных [1–3] и зарубежных [4, 5] авторов. Однако, моделирование представляет собой сложную задачу процесса теплоотдачи при сушке капель жидкости. Помимо этого, следует учитывать ряд взаимодействий между самими каплями (слияние капель, агломерации и разрушение); между каплями и стенками при осаждении капель на стенках. Из-за сложности этих взаимодействий моделирование распылительной сушки проводится на основе теории вычислительной гидродинамики (CFD) [6].

Экспериментальная часть работы выполнялась на экспериментальной распылительной установке (рисунок 1).

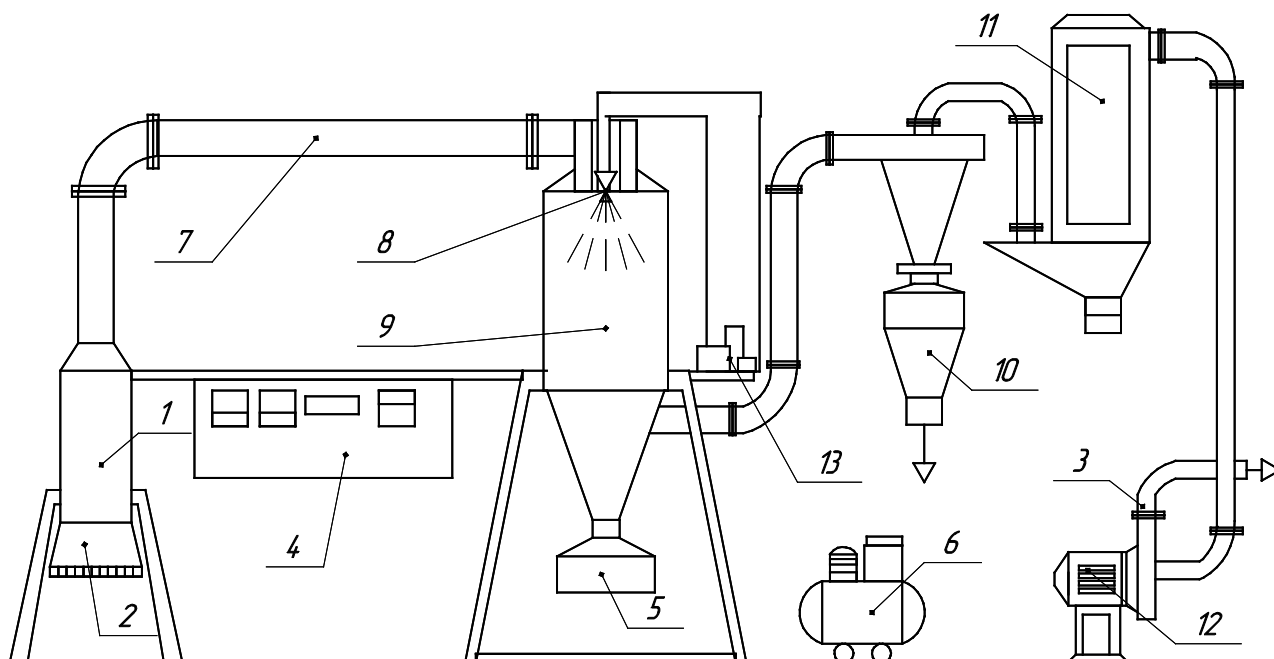


Рисунок 1. Схема лабораторной распылительной установки

Сушильный агент, посредством вентилятора 12, забирается из окружающей среды, очищается в воздушном фильтре 2, нагревается в калорифере 1 и по трубопроводу греющего агента 7 подается в камеру распыления 9. Одновременно, насосом 13 распыливаемый фильтрат барды подается в форсунку 8, которая создает равномерный факел распыла по сечению камеры и где контактирует с сушильным агентом с температурой 373–393 К. Высушенный продукт отводится в сборник 5, отработанный сушильный агент подвергается очистке от взвешенных частиц в циклоне 10 и через контрольную камеру 11 отводится в атмосферу.

В течение процесса сушки контролировалась температура на входе и выходе распылительной

сушилки. Визуально через смотровое окно, оценивалось качество получаемого порошка.

Цилиндро-коническая распылительная сушилка с техническими параметрами (см. таблицу 1) изображена на рисунок 2.

Таблица 1

Параметры сушки

Параметр	Значение	Ед. изм.
Температура воздуха на входе в распылительную сушилку	373–393	К
Температура воздуха на выходе из распылительной сушилки	50	К
Расход жидкости на распыление	$9,6 \times 10^{-4}$	м ³ /ч
Давление сжатого воздуха	150	кПа
Расход сушильного агента	30	м ³ /ч
Время сушки	3–10	с
Дисперсность готового продукта	0,2–1	мм

Система уравнений, решаемых в программе ANSYS CFX представлена в виде нестационарных уравнений Навье-Стокса в неразрывном виде.

Мгновенные уравнения массы, момента и энергии для многокомпонентной системы можно записать в общем виде:

для массы:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho v) = 0, \quad (1)$$

для момента:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \nabla(\rho v \times v) = -\nabla p + \nabla \sigma + S_M, \quad (2)$$

и для энергии:

$$\frac{\partial(\rho J)}{\partial t} - \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla(\rho v J) = \nabla(L \nabla T) + \nabla(v \sigma) + v S_M, \quad (3)$$

тензор напряжения σ в уравнении (2):

$$\sigma = \mu \left(\nabla v + (\nabla v)^T - \frac{2}{3} \delta \nabla v \right), \quad (4)$$

где ρ – плотность компонента системы, кг/м³; t – время, с; v – скорость потока, м/с; J – энтальпия при постоянном давлении, кДж; L – удельная теплота парообразования, Дж/кг; T – температура, К; μ – динамическая вязкость, Па·с; δ – толщина граничного слоя, м; $\nabla(v \sigma)$ в уравнении (3) определяет вязкость; $v S_m$ – работа внешних сил (не учитывается); T_n – вектор напряжения.

Для двухкомпонентной смеси, состоящей из капель фильтрата барды (i) и сушильного агента (j) (члены уравнения без индексации относятся к смеси в целом), уравнения переноса решаются в зависимости от скорости, давления, температуры и других свойств компонентов.

В скалярном виде они представлены следующим образом.

для массы:

$$\frac{\partial \bar{\rho}_i}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{\rho}_i \tilde{v}_j)}{\partial x_j} = 0, \quad (5)$$

для массовой доли:

$$\frac{\partial(\bar{\rho}_i \tilde{Y}_i)}{\partial t} + \frac{\partial(\bar{\rho}_i \tilde{v}_j \tilde{Y}_i)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(D_i \frac{\partial Y_i}{\partial x_j} \right), \quad (6)$$

где x – горизонтальная координата; Y – массовая доля компонента; D – коэффициент диффузии, м²/с.

Для упрощения решения задачи (1) – (6) принималось, что компоненты образуют идеальную смесь, свойства которой рассчитывались непосредственно из свойств компонентов

и их пропорций. Дополнительные упрощения: капли имеют сферическую форму, плотность и удельная теплоемкость раствора и коэффициент диффузии паров в газовой фазе усреднены остаются постоянными.

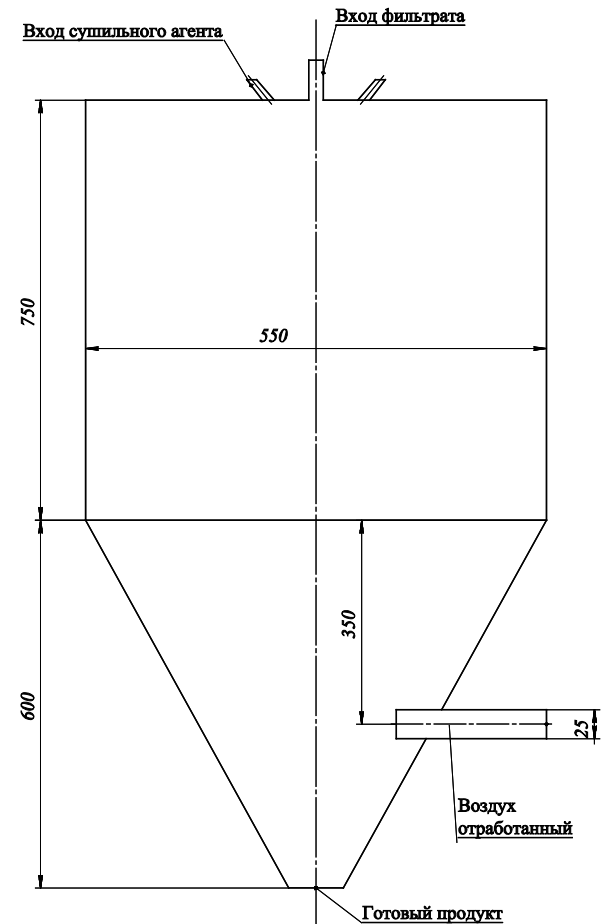


Рисунок 2. Распылительная сушилка

При решении такого рода задач, как правило [6], переходят к уравнениям неразрывности для смеси компонентов.

для энергии:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho J) - \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho v_j J) = \\ = \frac{\partial}{\partial x_j} \left(L \frac{\partial T}{\partial x_j} + \sum_i^{N_k} D_i J_i \frac{\partial Y_i}{\partial x_j} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \frac{\partial J}{\partial x_j} \right), \end{aligned} \quad (7)$$

для тепловой диффузии:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t}(\rho J) - \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho v_j J) = \\ = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\frac{L}{C} + \frac{\mu_t}{Pr_t} \right) \frac{\partial J}{\partial x_j} \right], \end{aligned} \quad (8)$$

где p – давление, Па; N_k – число капель; C – теплоемкость при постоянном давлении, кДж/К; Pr – число Прандтля; нижний индекс t – параметр зависящий от турбулентности сушильного агента.

Турбулентность оказывает существенное влияние на характеристики потока, и проявляется, когда силы инерции в жидкости становятся значительными по сравнению с силами вязкости, что характеризуется высоким значением числа Рейнольдса [7]. В этом случае модель $k-\varepsilon$ турбулентности задается уравнениями:

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \nabla(\rho v k) = \nabla \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla k \right] - \rho \varepsilon, \quad (9)$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \nabla(\rho v \varepsilon) = \nabla \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \nabla \varepsilon \right] + \frac{\varepsilon}{k} (C_{\varepsilon 1} - C_{\varepsilon 2} \rho \varepsilon), \quad (10)$$

где k – кинетическая энергия турбулентности, $\text{м}^2/\text{с}^2$; ε – скорость диссипации вихревой турбулентности, $\text{м}^2/\text{с}^3$; $C_{\varepsilon 1}$, $C_{\varepsilon 2}$, σ_k , σ_ε – константы.

Модель турбулентности имеет ограничение при прогнозировании логарифмического профиля скорости вблизи стенки. Поэтому было привлечено уравнение потока вблизи стенки:

$$v^+ = \frac{v_\tau}{\nu_\tau} = \frac{1}{\kappa} \ln(y^+) + C, \quad (11)$$

$$y^+ = \frac{\rho \nabla y v_\tau}{\mu}, \quad (12)$$

$$\nu_\tau = \left(\frac{\tau_w}{\rho} \right)^{1/2}, \quad (13)$$

где v^+ – скорость рядом со стенкой, $\text{м}/\text{с}$; ν_τ – скорость трения $\text{м}/\text{с}$; ν_τ – тангенциальная скорость к стенке на Δy (м) расстоянии от стенки, $\text{м}/\text{с}$; y^+ – безразмерное расстояние от стенки; τ_w – напряжение сдвига стенки, Па ; κ – постоянная Кармана [7]; C – постоянная зависящая от шероховатости стенки.

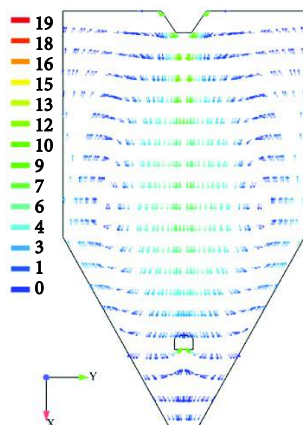


Рисунок 3. Профили скоростей сушильного агента

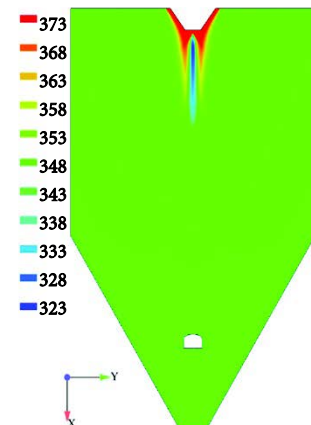


Рисунок 4. Профили распределения температуры сушильного агента

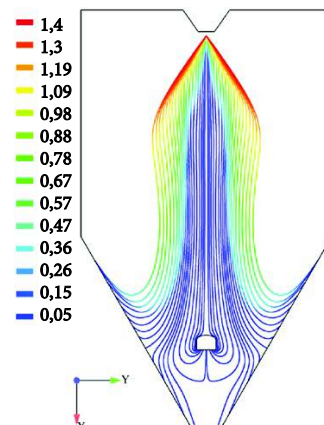


Рисунок 5. Влагосодержание капель фильтра, кг/кг

Задача (7) – (11) решена методом конечных объемов. Понятие «конечный объем» относится к небольшому объему, окружающему каждую точку узла на сетке. Уравнения в частных производных преобразуются в поверхностные интегралы, используя теорему дивергенции [8]. Входные параметры задачи [9] представлены в таблице 2

Т а б л и ц а 2

Входные параметры задачи

Параметры фильтрата барды		
Удельная теплоемкость частиц	2050	Дж/кг·К
Удельная теплоемкость фильтра	2600	Дж/кг·К
Удельная теплоемкость пара	1900	Дж/кг·К
Плотность фильтрата	1085	кг/м³
Скрытая теплота парообразования	$2,26 \times 10^6$	Дж/кг
Коэффициент диффузии влаги	$3,0 \times 10^{-11}$	м²/с
Коэффициент диффузии пара	$2,6 \times 10^{-5}$	м²/с
Параметры сушильного агента		
Температура	373	К
Массовый расход	30	м³/ч
Параметры стенки		
Толщина	0,008	м
Теплопроводность	18,8	Вт/м·К

Получены профили распределения скоростей (рисунок 3), температуры (рисунок 4) сушильного агента и влагосодержания капель фильтра барды (рисунок 5) от геометрии распылительной сушилки. Анализируя поведение капель, приведённых на рисунок 3 – 5, можно сделать вывод, что мелкие капли концентрируются вблизи оси сушильной камеры где они быстро высушиваются, причем их температура быстро приближается к температуре сушильного агента. В то же время, из-за большей инерции, более крупные капли движутся по направлению к периферии камеры с сохранением значительного количества влаги.

Мелкие сухие частицы покидают камеру через патрубок отвода отработанного сушильного агента; сухие частицы со средним размером, собираются в сборнике продукта; а тяжелые частицы ударяются о коническую стенку камеры. При этом некоторые из частиц после удара о стенки следуют к низу сушилки, а другие поднимаются в верх камеры и затем уносятся потоками воздуха вниз.

Для проверки результатов моделирования поставлен ряд параллельных опытов по

определению температуры порошка его влажности и температуры отработанного сушильного агента на выходе из сушилки. При их сопоставлении получены значения погрешности 10 %, 12 % и 13 % соответственно, что позволяет говорить об адекватности рассматриваемой модели и ее возможном использовании при проектировании конструкций распылительных сушилок и управлении технологическими параметрами в процессе сушки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Алексанян И.Ю., Максименко Ю.А., Феклунова Ю.С. Математическое моделирование тепломассопереноса при распылительной сушке растительных экстрактов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. №1. С.9–13.

2 Шевцов А.А. и др. Моделирование процесса распылительной сушки суспензии протеинового зеленого концентрата (ПЗК) // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. №1 (63). С.51–57.

3 Шевцов А.А. и др. К решению краевой задачи теплопроводности гранулы с пленкой раствора на ее поверхности в процессе распылительной сушки // Теоретические основы химической технологии. 2013. Т. 47. №6. С. 630–633.

4 Ali M. et al. CFD modeling of a counter-current spray drying tower // International conference in multiphase flow. Jeju, South Korea, 2013.

5 Mezhericher M., Levy A., Borde I. Three-Dimensional Spray-Drying Model Based on Comprehensive Formulation of Drying Kinetics // Drying Technology. 2012. V. 30. № 11-12. P. 1256–1273.

6 Евграфова А.В., Ибраев Д.Ф., Сухановский А.Н. Моделирование конвективных течений в CFD-пакетах // Вестник Пермского университета. 2012. №3. С. 37–41.

7 Лаптев А.Г., Фарахов Т.М. Математические модели и расчет гидродинамических характеристик пограничного слоя // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №82. С. 12–47.

8 Ермаков М.К. Исследование возможностей матричных методов для решения уравнений Навье-Стокса // Физико-химическая кинетика в газовой динамике. 2010. Т. 9. С. 1–8.

9 Шевцов А.А., Дранников А.В., Муравьев А.С. Постановка задачи математического моделирования процесса барботажного выпаривания фильтрата барды на основе балансовых уравнений: матер. IV Междунар. науч.-техн. конф. «Новое в технологии и технике функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений». Воронеж: ВГУИТ, 2014. С.741–744.

10 Алексанян И.Ю., Васина Н.П. Исследование кинетики сушки защитного покрытия лечебно-профилактических пищевых добавок // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2014. № 4. С. 62–67.

REFERENCES

1 Aleksanyan, I. Yu., Maksimenko Yu. A., Feklunova Yu.S. Mathematical modeling of heat and mass transfer from spray drying of plant extracts *Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naja tehnika i informatika*. [Proceedings of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer science and Informatics], 2013, no. 1, pp. 9–13. (In Russ.).

2 Shevtsov A.A., Derkanosova A.A.; Korotayeva A.A. Muravev A.S. Modeling of the spray drying process of green protein suspension concentrate (PGC) *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij* [Proceedings of Voronezh state University of engineering technologies], 2015, no. 1 (63), pp. 51–57. (In Russ.).

3 Shevtsov A.A. Solving the Boundary-Value Problem for Heat Conduction in a Granule Covered with a Solution Film in the Spray Drying Process *Teoreticheskie osnovy himicheskoy tekhnologii*. [Theoretical foundations of chemical engineering], 2013, vol. 47, no. 6, pp. 630–633. (In Russ.).

4 Ali M CFD modeling of a counter-current spray drying tower. International conference in multiphase flow. Jeju, South Korea, 2013.

5 Mezhericher M., Levy A., Borde I. Three-Dimensional Spray-Drying Model Based on Comprehensive Formulation of Drying Kinetics Drying Technology. 2012, vol. 30, no. 11-12, pp. 1256–1273.

6 Evgrafova A.V., Ibraev D.F., Suhanovskij A.N. Modeling of convective flows in CFD-packages *Vestnik Permskogo universiteta*. [Bulletin of Perm University], 2012, no. 3, pp. 37–41. (In Russ.).

7 Laptev A.G., Farahov T.M. Mathematical models and calculation of the hydrodynamic characteristics of a boundary layer. *Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. [Multi-disciplinary network electronic scientific journal of the Kuban state agrarian university], 2012, no. 82, pp. 12–47. (In Russ.).

8 Ermakov M.K. *Fiziko-himicheskaja kinetika v gazovoj dinamike*. [Physical and chemical kinetics in gas dynamics], 2010, vol. 9, pp. 1–8. (In Russ.).

9 Shevtsov A.A. Drannikov A.V., Mu-rav'ev A.S. *mater. IV Mezhdunar. nauch-tehn. konf.* [Proc of IV international sci-technical conf. "Innovations in technology and engineering of functional foods based on biomedical views]. Voronezh, VGUI, 2014. pp. 741–744. (In Russ.).

10 Aleksanyan I. Yu., Vasina N.P. Research of kinetics of drying of a sheeting of treatment-and-prophylactic food additives. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti APK-produkty zdorovogo pitaniya*. [Technologies of food and processing industry of agrarian and industrial complex products of healthy food], 2014, no. 4, pp. 62-67. (In Russ.).

УДК 631.432.25

Профессор Г.О. Магомедов¹, профессор С.В. Шахов²,
доцент М.Г. Магомедов¹, аспирант И.А. Саранов²

¹(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии хлеба, кондитерских, макаронных, зерноперерабатывающих производств. тел. (473) 255-38-51

²(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств. тел. (473) 255-37-51

E-mail: mr.saranov@mail.ru

Professor G.O. Magomedov¹, professor S.V. Shahov²,
associate professor M.G. Magomedov¹, postgraduate I.A. Saranov²

¹(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technology of bakery, pasta, confectionery and grain processing industries. phone (473) 255-38-51

²(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and equipment for food production. phone (473) 255-37-51

E-mail: mr.saranov@mail.ru

Исследование гигроскопических свойств порошкообразных полуфабрикатов концентрата квасного сусла, солодового экстракта ячменя и экстракта цикория

Investigation of hygroscopic properties of powder of semifinished kvass wort concentrate, malt extract of barley and chicory extract

Реферат. Пищевая промышленность России остро нуждается как в обновлении производственных единиц оборудования, так и в создании новых высокотехнологичных и энергосберегающих технологий. В настоящее время на рынке продуктов питания и производстве широкую популярность набрали пищевые порошкообразные продукты и полуфабрикаты. Из-за слеживаемости и низкой смачиваемости высокодисперсных порошкообразных полуфабрикатов, существует острая необходимость модифицирования их свойств инстантированием. Данная статья посвящена исследованию гигроскопических свойств порошкообразных продуктов и полуфабрикатов: экстракта цикория, солодового экстракта ячменя, концентрата квасного сусла, полученных распылительной сушкой со средним дисперсным составом 10-20 мкм, с целью поиска оптимальных условий упаковывания, хранения и теоретического обоснования условий проведения процесса инстантирования. В статье приводится схема экспериментальной установки для исследования гигроскопических свойств пищевых порошкообразных полуфабрикатов ускоренным методом с созданием псевдоожиженного слоя и необходимых температурных и влажностных характеристик оживающего агента. Излагаются как принципы работы установки, так и методика проведения эксперимента. Результаты исследований представлены в виде изотерм сорбции, по которым определены мономолекулярные, полимолекулярные и капиллярные формы связи влаги с исследуемыми продуктами и полуфабрикатами. Приведена теоретическая номограмма для определения энергии связи влаги с полуфабрикатами. Получены математические зависимости равновесных влажностей в исследуемых порошкообразных продуктах и полуфабрикатах от относительной влажности воздуха в диапазоне от 15 до 85 %, при температуре 22 °С. Определены оптимальные влажностные характеристики получаемых продуктов для их производства, последующего хранения и для осуществления процессов инстантирования.

Summary. Food industry of Russia urgently needs both updating of the manufacturing units of equipment and the creation of new high-tech and energy-saving technologies. Nowadays powdered food products and semifinished foods gained wide popularity in the market of foods and in manufacturing. Due to the caking and low wettability of fine powdered semi-finished products, there is an urgent need for modifying their properties by instanting. This article is devoted to the study of hygroscopic properties of powdered products and semifinished products: chicory extract, barley malt extract, kvass wort concentrate obtained by spray drying with an average dispersed composition of 10-20 microns, to find optimal conditions for packaging, storage and theoretical justification of the instanting process conditions. The article provides a diagram of experimental device for the study of hygroscopic properties of food powdered semi-finished products by accelerated method with the creation of the fluidized bed and the required temperature and humidity characteristics of fluidizing agent. The principles of operation of the device and methods of the experiment carrying out are given. The results are given in the form of sorption isotherms, by which monomolecular poly-molecular and capillary forms of binding of moisture with the test products and semi-finished products are determined. Theoretical nomogram to determine the binding energy of the moisture with the semi-finished products is given. Mathematical dependences of equilibrium humidities in the studied powdered products and semi-finished products on the air relative humidity in the range of 15 to 85 % at a temperature 22 °C were obtained. Optimal humidity properties of the resulting products for their production and subsequent storage and for the instanting processes were determined.

Ключевые слова: сорбция, изотерма сорбции, гигроскопические свойства, гигроскопичность, цикорий, концентрат квасного сусла, солодовый экстракт ячменя.

Keywords: sorption, sorption isotherm, hygroscopic properties, hygroscopicity, chicory, kvass wort concentrate, barley malt extract

© Магомедов Г.О., Шахов С.В.,
Магомедов М.Г., Саранов И.А., 2015

При хранении в продуктах питания происходят процессы миграции влаги, которые, в результате фазовых превращений (стеклования, кристаллизации, растворения), приводят к размягчению, уплотнению (слеживанию), расслаиванию, набуханию или растрескиванию [1, 3].

На сегодняшний день современная пищевая промышленность активно производит и использует в производстве быстрорастворимые порошкообразные полуфабрикаты, которые, из-за своего химического состава и высокой дисперсности, обладают высокой гигроскопичностью, а поэтому имеют склонность к слеживанию при контакте с окружающим воздухом.

Большой популярностью у потребителей пользуются быстрорастворимые напитки на основе экстракта цикория, концентрата квасного сусле, а в кондитерском производстве набирает популярность солодовый экстракт ячменя в жидком или порошкообразном виде. Для нахождения оптимальных условий производства, хранения и инстантирования данных порошкообразных полуфабрикатов необходимо найти зависимость равновесной влажности (W_p) порошкообразных продуктов (полуфабрикатов) от относительной влажности воздуха (ϕ).

Для нахождения данной зависимости был использован экспрессный метод и экспериментальная установка кафедры ТХКМ и ЗП ФГБОУ ВО ВГУИТ, представленная на рисунке 1 [3].

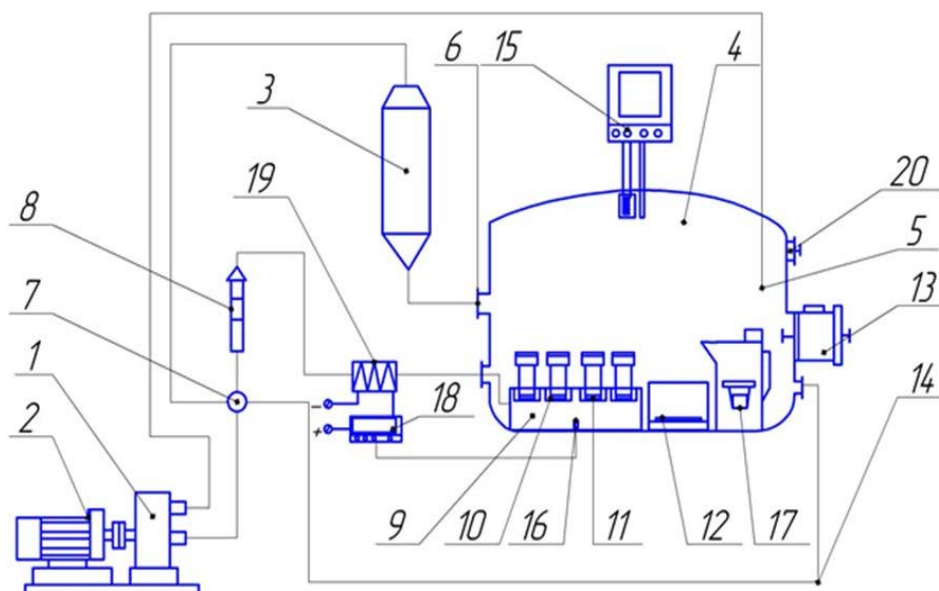


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для исследования процессов сорбции и десорбции в порошкообразных полуфабрикатах

Принцип проведения эксперимента основан на том, что через стаканчик с высокопористым дном и крышкой, наполненный порошкообразным продуктом, пропускается воздух с избыточным давлением и заданной температурой и влажностью. Таким образом, происходит псевдооживление порошкообразного материала, которое ускоряет процессы влагообмена между оживающим агентом и продуктом (сорбции и десорбции влаги).

Поддержание заданных температурных и влажностных характеристик воздуха и периодический контроль убыли или прироста массы, позволяют построить изотермы сорбции и десорбции влаги полуфабрикатом.

В начале эксперимента навески исследуемых порошкообразных материалов массой 10-15 г. помещались в стаканчики 11 с высоко-

пористыми перегородками. Затем стаканчики 11 фиксировали клапанами 10 в распределительной ячейке 9, которая располагается в герметичной рабочей камере 4 из органического стекла.

Для построения изотермы сорбции, воздух в камере максимально осушали ($\phi=10-15\%$), прокачивая мембранным компрессором 1 через адсорбционную колонну 3, заполненную индикаторным силикагелем ГОСТ8984-75.

Затем, порошкообразные материалы с известной влажностью максимально осушали, перекачивая осушенный воздух мембранным компрессором 1 через распределительную ячейку 9 и создавая псевдооживление порошков в стаканчиках с высокопористыми перегородками.

Стаканчики периодически взвешивались на аналитических весах 12 с третьим классом точности.

После достижения равновесного влагосодержания порошка, влажность воздуха в камере увеличивали на 5 % при помощи увлажнителя воздуха 17, состоящего из емкости для воды, ультразвукового распылителя и вентилятора.

До достижения равновесного влагосодержания, вновь создавалось псевдоожидание материала в стаканчике, но уже увлажненным воздухом.

Каждый раз после достижения равновесного влагосодержания материала, влажность воздуха в камере увеличивали на 5 % вплоть до 85 – 90 % так как, при этой влажности наступает состояние насыщения и течения конденсированной фазы влаги в порах исследуемых материалов.

Расход сжатого воздуха измерялся ротаметром 8 марки РС-5 8.

В адсорбционную колонну 3 воздух направлялся с помощью клапанов 6, 7 и 20.

Рабочая камера имеет вид герметичного бокса из органического стекла, с форкамерой 13

и аварийной магистралью 14, с помощью которых обеспечивается непрерывный режим проведения экспериментов, во время замены исследуемых образцов.

Относительную влажность и температуру воздуха контролируют цифровым гигрометром/термометром 15, 16 марки SH-153. Манометр 21 (марки ТНМП – 100) показывает давление в рабочей камере. Температурную зависимость сорбции водяных паров материалом, позволяет исследовать контур поддержания постоянной температуры, который состоит из контактного термометра 16, подающего сигнал на термостат (СТН0024 версии 3.0) 18, управляющий нагревательным элементом 19.

Полученная по результатам исследования изотерма сорбции для исследуемых порошкообразных полуфабрикатов, идентична S – образным изотермам сорбции для типичных коллоидных капиллярно-пористых тел (рисунок 2).

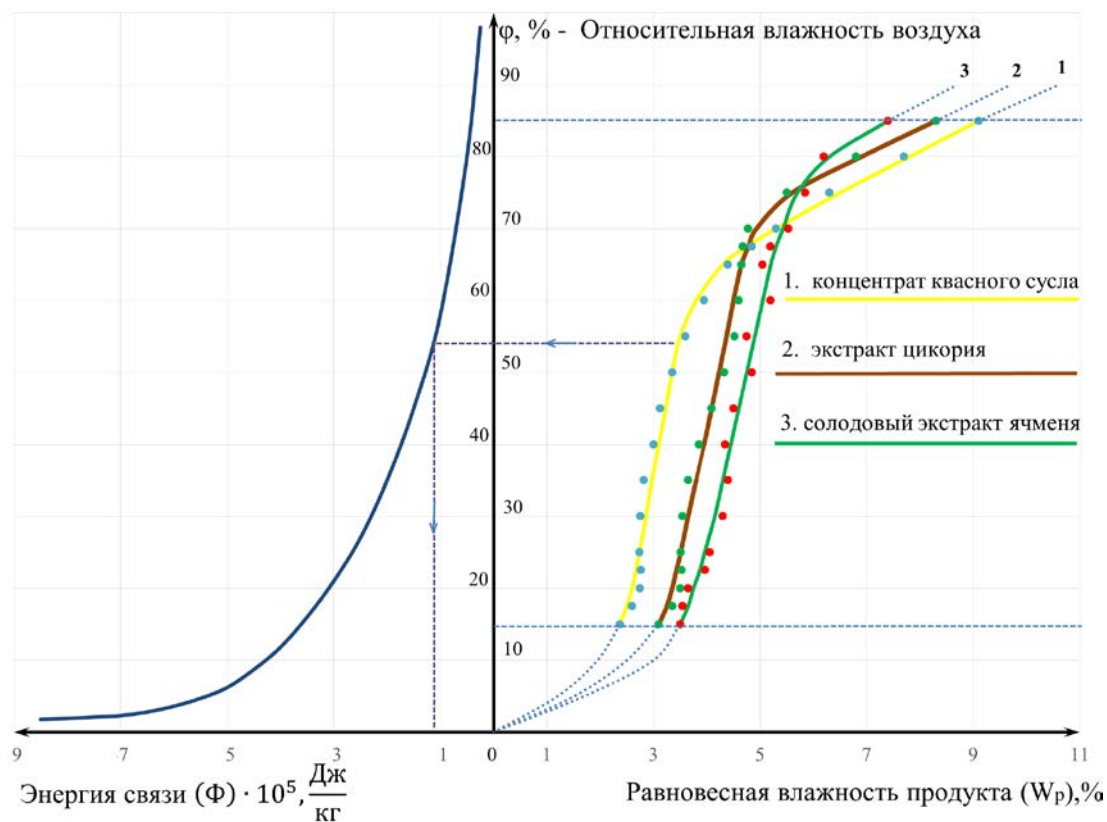


Рисунок 2. Изотерма сорбции-десорбции порошкообразных полуфабрикатов концентрата квасного сусла, солодового экстракта ячменя и экстракта цикория

По данным изотермам можно определить формы связи влаги в исследуемых порошкообразных продуктах и полуфабрикатах

Участки графиков, где кривые выпуклостью обращены к оси равновесной влажности (W_p), определяют влагу связанную мономоле-

кулярной адсорбцией. В этой зоне содержится та влага, которая связана химически (силами адсорбции) [1, 2, 4]. Она не обладает свойствами свободной влаги, располагается на поверхности частиц в виде молекулярного слоя.

Влага, связанная силами полимолекулярной адсорбции, определяется прямолинейным участком, который следует после участка мономолекулярной связанной влаги. Сорбирование такой влаги, также как и химически связанной, сопровождается экзотермическим эффектом, но уже меньшим [6].

Участки графиков, где кривые выпуклостью обращены к оси относительной влажности

воздуха (ϕ), определяют влагу, связанную капиллярно. Данная влага поглощается без тепловых эффектов [5].

Данные эксперименты проводились при относительной влажности воздуха ϕ от 15 до 85 % и температуре $t = 22^\circ\text{C}$.

Формы связи влаги, для исследуемых порошкообразных полуфабрикатов, сведены в таблицу 1.

Т а б л и ц а 1

Формы связи влаги в исследуемых продуктах и полуфабрикатах по равновесной влажности

Исследуемый порошкообразный продукт	Мономолекулярная связь	Полимолекулярная связь	Капиллярная связь
Концентрат квасного сусла	0-17	17-57	57-85
Экстракт цикория	0-19	19-66	66-85
Солодовый экстракт ячменя	0-18	18-73	73-85

В результате обработки опытных данных в среде статистического пакета MS EXCEL получены статистические модели в виде уравнения множественной регрессии, описывающие гигроскопические свойства порошкообразных полуфабрикатов концентрата квасного сусла (1), экстракта цикория (2), солодового экстракта ячменя (3).

$$W_p = 5E-05\phi^3 - 0,0052\phi^2 + 0,197\phi + 0,37 \quad (1)$$

$$R^2 = 0,996$$

$$W_p = 5E-05\phi^3 - 0,006\phi^2 + 0,258\phi + 0,3 \quad (2)$$

$$R^2 = 0,98$$

$$W_p = 3E-05\phi^3 - 0,0035\phi^2 + 0,168\phi + 1,57 \quad (3)$$

$$R^2 = 0,98$$

В данных уравнениях, величина коэффициента множественной регрессии (R), показывающая проценты изменения равновесной влажности полуфабрикатов, которые объясняет данная модель [7].

Номограмма, расположенная в левой части рисунка 2, представлена для теоретического определения энергии связи влаги с порошкообразными полуфабрикатами [6].

Полученные данные о формах связи влаги в исследуемых порошкообразных полуфабрикатах, позволяют рационально подобрать равновесную влажность, которой необходимо добиться в процессе дегидратации, для того, чтобы порошкообразный продукт не слеживался при рекомендованных условиях хранения и не подвергался порче.

Для этого необходимо подобрать такие режимы дегидратации, при которых будет выполняться условие полного отсутствия свободной влаги (капиллярно связанной влаги) в исследуемых продуктах и полуфабрикатах (таблица 1).

Проведенные исследования также позволяют рекомендовать условия хранения, при которых порошкообразные полуфабрикаты не будут слеживаться, терять сыпучесть и подвергаться порче. Рекомендуемая влажность помещения (ϕ) для хранения порошкообразного полуфабриката концентрата квасного сусла – не выше 50 %, для порошкообразного экстракта цикория – не выше 54 %, для порошкообразного солодового экстракта ячменя – не выше 58 %.

Для удаления влаги, связанной полимолекулярно, потребуются повышенные затраты энергии на преодоление растущей энергии связи влаги с продуктом (рисунок 2). Дегидратация с удалением такой влаги позволит нивелировать возможные кратковременные нарушения условий хранения и целостности упаковки. Для осуществления процессов инстантирования агломерацией, необходима равномерная паровлажностная обработка порошкообразных продуктов или полуфабрикатов для накопления достаточного количества капиллярной влаги.

В исследуемых порошкообразных полуфабрикатах, на участках с капиллярно связанной влагой (таблица 1), определены равновесные влажности (W_p), при которых в материалах начинают образовываться агрегаты и агломераты: для концентрата квасного сусла – 6,5 %, для экстракта цикория – 5,9 %, для солодового экстракта ячменя – 6,3 %.

На основе проведенных исследований, обоснованы условия хранения порошкообразных продуктов и полуфабрикатов: концентрата квасного сусла, солодового экстракта ячменя и экстракта цикория, рекомендованы оптимальные влажностные характеристики данных продуктов и полуфабрикатов, как для последующего хранения, так и для осуществления процессов инстантирования.

ЛИТЕРАТУРА

1 Килкаст Д. Стабильность и срок годности. Мясо и рыбопродукты / Д. Килкаст, П. Субраманиам (ред.-сост.). Пер., с англ., под научн. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базарновой. СПб.: ИД «Профессия», 2012. 420 с.

2 Магомедов М.Г. Технология получения полуфабрикатов из сахарной свеклы и кондитерских изделий на их основе. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 143 с.

3 Магомедов Г.О., Магомедов М.Г., Шахов С.В., Саранов И.А. и др. Установки для инстантирования порошкообразных полуфабрикатов комбинированным способом // «Машины и аппараты XXI века. Химия. Нефтехимия. Биотехнология» материалы интернет-конференции. Воронеж: ВГУИТ, С. 104-107.

4 Гинзбург А.С., Савина И.М. Массовлагодобные характеристики пищевых продуктов. Справочник. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 280 с.

5 Лыков А.В. Явление переноса в капиллярно-пористых телах. М.: Технико-теоретическая литература, 1954. 296 с.

6 Ребиндер П.А. Поверхностные явления в дисперсных системах. Физико-химическая механика. Избранные труды. М.: Наука, 1979. 384 с.

7 Сорокопуд А.Ф., Шеменева Н.А., Третьякова Н.Г. Физико-химические свойства концентрата квасного суслу // Техника и технология пищевых производств. 2012. №2. С. 120-124.

8 Дворянинова О.П., Соколов А.В., Черкесов А.З. Сырьевая база водных биоресурсов как фактор обеспечения продовольственной безопасности страны // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания, 2015. № 2 (6). С. 22-29.

REFERENCES

1 Killast D., Subramaniam P. Stabil'nost' i srok godnosti. Myaso i ryboprodukty [Stability and shelf life. Meat and fish products]. Saint-Petersburg, Profesiya, 2012. 420 p. (In Russ.).

2 Magomedov M.G. Tekhnologiya polucheniya polufabrikatov iz sakharnoy svekly i konditerskikh izdeliy na ikh osnove [Technology for producing semi-finished products from sugar beet and confectionery products based on them]. Voronezh, VGUIT, 2015. 143 p. (In Russ.).

3 Magomedov G.O., Magomedov M.G., Shakhov S.V., Saranov I.A. et al. Installation for instantirovaniya powdery half-finished in a combined way. «Mashiny i apparaty XXI veka. Khimiya. Neftekhimiya. Biotekhnologiya» materialy internet-konferentsii ["Machinery and equipment of XXI century. Chemistry. Petrochemistry. Biotechnology "Internet conference materials]. Voronezh, VGUIT, pp. 104-107. (In Russ.).

4 Ginzburg A.S., Savina I.M. Massovlagodobnennye harakteristiki pishchevykh produktov Spravochnik. [Weight moisture exchange characteristics of foods. Guide]. Moscow, Legkaya i pishhevaya prom-st', 1982. 280 p. (In Russ.).

5 Lykov A.V. Yavlenie perenosa v kapillyarno-poristykh telakh. [The phenomenon of migration in capillary-porous body]. Moscow, Tekhniko-teoreticheskaya literatura, 1954. 296 p. (In Russ.).

6 Rebinder P.A. Poverkhnostnyye yavleniya v dispersnykh sistemakh. Fiziko-khimicheskaya mekhanika. Izbrannyye trudy [Surface phenomena in disperse systems. Physico-chemical mechanics. Selected Papers]. Moskva, Nauka, 1979. 384 p. (In Russ.).

7 Sorokopud A.F., Shemenewa N.A., Tret'yakova N.G. Physico-chemical properties of kvass wort. Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv. [Engineering and technology of food production], 2012, no. 2, pp. 120-124. (In Russ.).

8 Dvoryaninova O. P., Sokolov A.V., Cherkesov A.Z. Source of raw materials of water bioresources as factor of ensuring food security Country. Tekhnologiya pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti. [Technologies of food and processing industry of agrarian and industrial complex products of healthy food], 2015, no. 2 (6), pp. 22-29. (In Russ.).

УДК 532.5:681

Профессор Г.В. Алексеев, аспирант Е.П. Башева,
(Университет ИТМО) кафедра процессов и аппаратов пищевых производств
E-mail: gva2003@rambler.ru

доцент А.А. Дерканосова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса.
тел. +7 (920) 432-16-57
E-mail: aa-derk@yandex.ru

Professor G.V. Alekseev, post-graduate E.P. Basheva,
(ITMO University) Department processes and equipment for food production
Email: gva2003@rambler.ru
associate professor A.A. Derkanosova
(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of service and restaurant
business. phone +7 (920) 432-16-57
E-mail: aa-derk@yandex.ru

Возможные направления компьютерного моделирования и проектирования технологических машин и оборудования пищевых производств

Possible ways of computer modeling and design of technological machines and equipment for food production

Реферат. В статье рассматриваются возможности реализации новых подходов при моделировании и проектировании технологического оборудования и машин для пищевых производств. Одним из побудительных мотивов создания таких методов является «ресурсосбережение» интеллектуального труда разработчиков технологического оборудования. Возможности реализации таких подходов в значительной мере обусловлены успехами в области создания нейрокомпьютеров, позволяющих в определенной мере моделировать интеллектуальные процессы человеческого мозга, что при решении поставленных задач позволяет использовать не только исходные данные для создания нового образца техники, но и имеющийся у разработчика опыт работы в этой области. Особенную актуальность для разработчиков техники для пищевых производств такие методы имеют в связи часто с плохой «числовой» определенностью задаваемых при проектировании параметров. Используемый метод моделирования позволяет проводить анализ в условиях субъективной оценки эмпирических данных и отсутствии явной числовой формы результата, что характерно при разработке новых видов пищевых продуктов. Особенно ярко преимущества этих систем проявляются при проектировании многокомпонентных пищевых продуктов, где велика неопределенность входных и выходных параметров, а качество оценивается по результатам сенсорного анализа. Так же достоинством модели является возможность ее получения при выборе минимального набора закономерностей. Вследствие отсутствия необходимости ввода точных данных, время, требуемое для моделирования, резко сокращается. Применение аппарата нечеткой логики позволяет улучшить качество управления объектами, определить оптимальное соотношение рецептурных компонентов при проектировании новых многокомпонентных видов продуктов и сократить количество производственных опытов. При применении предлагаемых методов часто бывают полезны результаты предварительного аналитического моделирования проектируемого объекта. Рассмотрен опыт использования таких методов при проектировании сатуратора для насыщения пищевых жидкостей диоксидом углерода.

Summary. Possibilities of implementing of new approaches in the modeling and design of technological equipment and machines for food production are considered in the article. One of the motives for the creation of such methods is the "Resource saving" of technological equipment developers intellectual work. Possibilities of implementing of such approaches are largely due to the successes in the field of neuro-computers, allowing to some extent to simulate intelligent processes of the human brain that allows you to use not only the original data to create a new model of equipment but a developer's existing experience in this field in solving the tasks given. Such methods are of particular relevance for the development of equipment for food productions. But often it is due to poor "number" of certain parameters specified in designing. The method used for simulation allows analysis in a subjective evaluation of empirical data and the absence of a clear numerical form of the result, which is typical in development of new food types. Especially clearly the advantages of these systems are shown in designing multi-component food products, where the uncertainty of input and output parameters is high, and quality is assessed by sensory analysis. The advantage of the model is also the possibility of its obtaining in the selection of a minimum set of regularities. Due to the absence of necessity of precise data input, the time required for the simulation is sharply reduced. Application of of fuzzy logic device allows to improve the quality of objects management, to determine the optimal ratio of prescription components in designing of new types of multi-component products and to reduce the number of production tests. The results of preliminary analytical simulation of the object being designed are often useful in the application of the proposed methods. The experience of such methods application in the saturator designing for food liquids saturation with carbon dioxide was studied.

Ключевые слова: новые подходы при моделировании, проектирование технологического оборудования и машин, пищевые производства, нейрокомпьютеры, нечеткая логика.

Keywords: new approaches at modeling, technological equipment and machines designing, food production, neuro-computers, fuzzy logic.

© Алексеев Г.В., Башева Е.П., Дерканосова А.А., 2015

потока при повороте на 180°C , $\text{H}/\text{м}^2$; V_3 – скорость потока при повороте на 180°C , $\text{м}/\text{с}$.

В рамках принятой модели рассмотрим зону образования и движения нисходящего потока на участке $(0 < x < L_T)$.

1) Зона спутного движения струи жидкости и газового потока:

$$0 < x < L_T,$$

где L_T – координата границы соударения струи с жидкостно-газовой пробкой.

Граничные условия для скорости в зоне спутного движения потоков запишутся следующим образом:

Условие на стенке камеры смешения:

$$\text{при } r = D/2, V_2 = 0,$$

где D – диаметр камеры смешения.

Условия сопряжения потоков (условие равенства скоростей и напряжений на границе газового потока и струи, соответственно):

$$\text{при } r = d_0/2, V_2 = V_1, \frac{dV_1}{dx} = \frac{dV_2}{dx},$$

где d_0 – диаметр отверстия сопла, V_2 – скорость газового потока на границе со струей; V_1 – скорость струи на границе с жидкостным потоком.

Запишем следующие уравнения:

Баланс массы:

$$m_1 + m_2 = m_T = m_3 \quad (1)$$

Индексы 1, 2, 3 относятся к потоку жидкости из сопла, потоку газа из приемной камеры и жидкостно-газовому потоку из камеры смешения. Индекс Т относится к сечению, где происходит преобразование двух отдельных потоков в один смешанный поток.

Массовый расход m_i каждого из потоков рассчитывается по формуле:

$$m_i = \rho_i V_i F_i, \quad (2)$$

где ρ_i – плотность, V_i – скорость, F_i – площадь поперечного сечения i -го потока, соответственно.

Скорость i -го потока определяется по формуле:

$$V_i = \frac{Q_i}{F_i}, \quad (3)$$

где Q_i – объемный расход i -го потока.

Площади поперечных сечений потоков находим следующим образом:

– для жидкостной струи

$$F_1 = \frac{\pi d_0^2}{4}, \quad (4)$$

– для газового потока

$$F_2 = \frac{\pi(D^2 - d_0^2)}{4}, \quad (5)$$

Толщину стенки сопла не учитываем:

– для смешанного потока

$$F_3 = F_T = \frac{\pi D^2}{4}, \quad (6)$$

Баланс количества движения:

$$m_1 V_1 + \rho_1 F_1 + m_2 V_2 + \rho_2 F_2 = (m_1 + m_2) V_T + \rho_T F_T \quad (7)$$

Баланс энергии:

$$m_1 \frac{V_1^2}{2} + m_2 \frac{V_2^2}{2} = (m_1 + m_2) \frac{V_T^2}{2} \quad (8)$$

Потери энергии на трение о стенки и изменение внутренней энергии потоков не учитываем.

2) Зона движения смешанного газожидкостного потока $L_T < x < L$ – длина камеры смешения.

Для перепада давления для двухфазного потока можем записать:

$$\Delta P = P_T - P_3 = \lambda \Phi^2 \frac{(L - L_T)}{D} \frac{\rho_T V_T^2}{2}, \quad (9)$$

где λ – коэффициент сопротивления, Φ – параметр Мартинелли.

Коэффициент сопротивления находится по формуле Блаузиуса для однофазного турбулентного потока:

$$\lambda = \frac{0.3164}{\sqrt[4]{Re}}, \quad (10)$$

где число Рейнольдса Re рассчитывается по формуле

$$Re = \frac{V_T D \rho_T}{\eta_T}$$

Здесь ρ_T – плотность и η_T – вязкость смешанного потока определяется по формулам:

$$\frac{1}{\rho_T} = \frac{X_g}{\rho_g} + \frac{1 - X_g}{\rho_l}, \quad (11)$$

$$\frac{1}{\mu_T} = \frac{X_g}{\mu_g} + \frac{1 - X_g}{\mu_l}, \quad (12)$$

где ρ_g и ρ_l – плотность газового и жидкостного потока, μ_g и μ_l – вязкость газового и жидкостного потока, X_g – расходное массовое газосодержание

Параметр Мартинелли определяется по формуле:

$$\Phi^2 = \left(1 + X_g \frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_l} \right) \left(1 + X_g \frac{\mu_l - \mu_g}{\mu_l} \right)^{-0.25} \quad (13)$$

Из уравнения (9) можно получить формулу для расчета значения давления P_T :

$$P_T = P_3 + \lambda \Phi^2 \frac{(L - L_T)}{D} \frac{\rho_T V_T^2}{2} \quad (14)$$

Из уравнения (7) и (8) найдем скорость V_T :

$$V_T = \sqrt{\frac{m_1 V_1^2 + m_2 V_2^2}{m_1 + m_2}} \quad (15)$$

Моделирование сатуратора при входе газожидкостной смеси в барботажную и циркуляционную зону включает в себя анализ влияния потерь давления, а также поворота потока на 180° .

Общий перепад давления в сатураторе на восходящем участке:

$$\Delta p = \Delta p_l + \Delta p_m + \Delta p_{in} + \Delta p_h, \quad (16)$$

где Δp_l – потери по длине; Δp_m – местные потери; Δp_{in} – инерционные потери; $\Delta p_h = \rho_{см} g H \cos \alpha$ – потери на преодоление сопротивления газожидкостного слоя высотой H , здесь α – угол наклона оси канала к вертикали.

Потери давления при входе газожидкостной смеси в барботажную трубу и циркуляционную зону или при выходе из них, а также при поворотах потока на 180° рассчитываются как потери на местных сопротивлениях:

$$\Delta P_m = \xi_i \frac{\rho_{ж} V_{жб}^2}{2(1 - \varepsilon_o)^2}, \quad (17)$$

где ξ_i – коэффициент местного сопротивления при повороте потока на 180° ξ_{180}

Приведенные соотношения помогают определить давление на входе участка сатуратора с восходящим потоком газожидкостной смеси [5].

Следующий этап моделирования включает численный анализ влияния давления на выходе барботажного участка на преодоление потерь на трение и на придание газожидкостной смеси кинетической энергии для выхода из сатуратора.

Разность атмосферного давления и давления на выходе с барботажного участка напором обозначим буквой H . Потери на трение $h_{тр}$ состоят из потерь на прямолинейных участках и местных потерь и могут быть вычислены по формуле:

$$h_{mp} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (18)$$

Составная часть напора, расходуемая на придание жидкости кинетической энергии h_k ,

$$h_k = \frac{v^2}{2g}. \quad (19)$$

Учитывая, что $h_{тр} = H$, получим:

$$H = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \cdot \frac{v^2}{2g} \quad (20)$$

Гидравлическое сопротивление определим из уравнения турбулентного режима течения:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = 0,87 \ln(Re \sqrt{\lambda}) - 0,8 \quad (21)$$

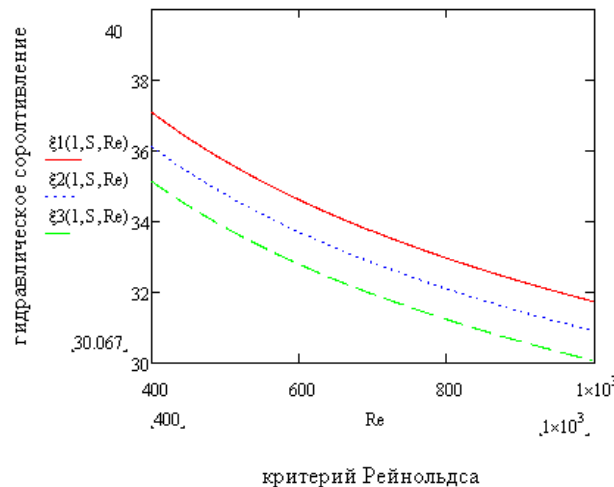


Рисунок 2. Зависимость гидравлического сопротивления потока от его диаметра для различных напоров

Дальнейший расчет восходящего потока или потока в трубопроводе состоит в том, что определяется количество турбулизирующих колец при рассчитанном значении общего гидравлического сопротивления и гидравлического сопротивления одного кольца определенного для заданных геометрических характеристик по формуле, предложенной ЦАГИ для перфорированных пластин:

$$\xi(l/d_o, S, Re_b) = 3,23(0,85 + 0,15l/d_o) \times [0,31 + 2S^2/(1-S)^2] Re_b^{-0,17}. \quad (22)$$

Для рассматриваемой конструкции сатуратора, используя данные предыдущих рисунков предварительно определяли число устанавливаемых колец.

При реальном проектировании сатуратора для установки на базе промышленного аппарата АВ-4 расчетные данные подтверждали в процессе эксперимента.



Рисунок 3. Модель струйно-барботажного сатуратора

Охлажденная до 1–2 °С вода роторным насосом подавалась в форсунку, после чего она проходила камеру, в который из отверстия для подачи газа под давлением поступал углекислый газ (CO₂). Здесь происходило смешивание водяной струи с газом и перемещение вдоль оси камеры. На выходе из камеры смешения полученная смесь ударялась об отбойный сферический элемент.

Отброшенная в насадочную колонну, смесь далее проходила между стенками камеры смешения и стенкой корпуса через перфорированные кольца для полного смешивания газа с водой. Отверстия в перфорированных кольцах при этом создают условия для повышения дисперсности структурированного потока газожидкостной смеси к отверстию выхода.

В процессе проведения экспериментальных исследований по газосодержанию прошедшей сатуратор пищевой жидкости измеряли все важнейшие параметры процесса газонаполнения.

К ним в первую очередь относятся:

- температура жидкой фазы – 1,5 – 6,0 [°С]
- давление CO₂ – 2,4 – 2,8 [атм]

Тип функции принадлежности каждой переменной принимали соответствующим распределению Гаусса.

Связь входных переменных с выходными задают правила ввода, которые должны быть включены в систему после построения функций принадлежности.

Для определения характера таких связей использовали решения, полученные при предварительном аналитическом моделировании.

Для визуализации нечеткого логического вывода используют команду View rules. Данное средство просмотра правил позволяет отобразить процесс нечеткого логического вывода и получить результат.

Количество строк соответствует числу правил нечеткого логического вывода, а количество столбцов – числу входных и выходных переменных, заданных в разрабатываемой системе. Дополнительное графическое окно служит для отображения результата нечеткого логического вывода и операции дефазификации, то есть процедуры преобразования нечеткого множества в множество действительных чисел [4–5].

В каждом окне отображается соответствующая функция принадлежности, уровень ее среза (для входных переменных) и вклад отдельной функции принадлежности в общий результат (для выходных переменных).

Для представления результатов моделирования в графическом виде, используют модуль Surface Viewer. Средство просмотра поверхности вывода позволяет строить трехмерную поверхность как зависимость одной из выходных переменных от двух входных.

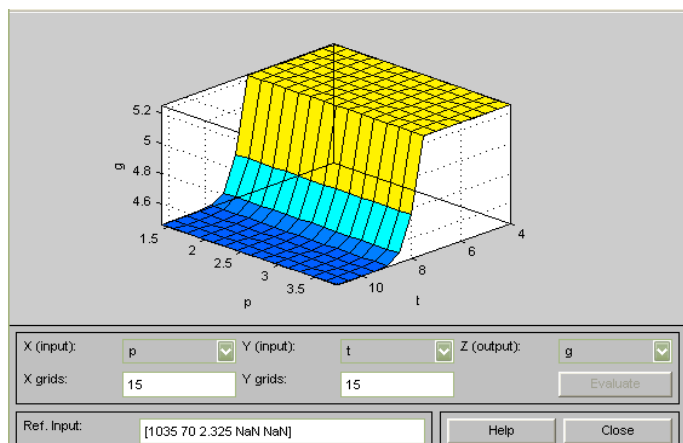


Рисунок 4. Зависимость газосодержания жидкости от температуры и давления

Поверхность вывода, соответствующая благоприятному результату, окрашивается в желтый цвет, а не благоприятному результату, окрашивается в синий цвет. Если результат соответствует некому среднему, промежуточному значению, то на графике эта область окрашивается в цвета градиентного перехода от желтого к синему.

По результатам моделирования показателей газосодержания были сделаны окончатель-

ные выводы, подтверждавшие эффективность использования данного метода при исследовании содержания диоксида углерода в жидкостях с заданными качественными характеристиками и параметрами оборудования. Например, для $Re=600$, $d=1,5$ мм и толщины 1 мм должно быть 6 пластин.

По результатам проектирования получен патент РФ на полезную модель.

ЛИТЕРАТУРА

1 Антипов С.Т., Васильев А.М., Дворецкий С.И., Ковалевский В.И. и др. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий. Санкт-Петербург, 2013.

2 Шевцов А.А., Дерканосова А.А., Коротаева А.А., Муравьев А.С. Моделирование процесса распылительной сушки суспензии протеинового зеленого концентрата (ПЗК) // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2015. № 1 (63). С. 51–57.

3 Шевцов А.А., Дранников А.В., Муравьев А.С. Энергосберегающая технология утилизации фильтрата послеспиртовой барды // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2014. № 4. С. 78–80.

4 Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Гончаров М.В., Холявин И.И. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования. Учебное пособие. Санкт-Петербург, 2014.

5 Алексеев Г.В., Гришанова (Даниленко) Е.А., Кондратов А.В., Гончаров М.В. Возможности реализации эффектов кавитации для измельчения пищевого сырья // Вестник Международной академии холода. 2012. № 3. С. 45–47.

6 Пеленко В.В., Зуев Н.А., Ольшевский Р.Г., Иваненко В.П. и др. Оценка зависимости производительности измельчителей мяса от их конструкции и физико-механических свойств сырья // Вестник Международной академии холода. 2015. № 1. С. 9–15.

7 Шлейкин А.Г., Данилов Н.П. Особенности применения трансклутаминазы в переработке молока. // Вестник Международной академии холода. 2015. № 3. С. 13–18.

8 Смагин Б.И. Производственная функция как основа описания технологических закономерностей аграрной сферы производства // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2014. № 4. С. 94–100.

REFERENCES

1 Antipov S.T., Vasiliev M.A., Dvoretzky S.I., Kovalevsky V. I. Proektirovanie, konstruirovaniye i raschet [Designing, designed and calculation techniques of food technology]. Saint-Petersburg, 2013. (In Russ.).

2 Shevtsov A.A., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A., Murav'ev A.S. Simulation of a spray drying process of a suspension of green protein concentrate (PGCs). *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of the Voronezh state University of engineering technologies], 2015, no. 1 (63), pp. 51–57. (In Russ.).

3 Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Murav'ev A.S. Energy-Saving technology for utilization of distillery stillage filtrate. *Izvestiya vuzov*. [News of higher educational institutions. Food technology], 2014, no. 4, pp. 78–80. (In Russ.).

4 Alekseev G.V., Voronenko B.A., Goncharov M.V., Kholyavin I. I. Chislennyye metody pri modelirovanii tekhnologicheskikh mashin [Numerical methods in the simulation of technological machines and equipment. Training manual]. Saint-Petersburg, 2014. (In Russ.).

5 Alekseev G.V., Grishanova (Danilenko) E.A., Kondratov A.V., Goncharov V. M. Possibilities of implementing the effects of cavitation for shredding food raw materials. *Vestnik MAKh*. [Proceedings of the International Academy of refrigeration], 2012, no. 3, pp. 45–47. (In Russ.).

6 Pelenko V.V., Zuev N.A., Olshevski R.G., Ivanenko V.P. et al. Assessment based performance meat grinders from their design and physical-mechanical properties of materials. *Vestnik MAKh*. [Proceedings of the International Academy of refrigeration], 2015, no. 1, pp. 9–15. (In Russ.).

7 Shleikin A.G., Danilov N.P. Features of application of transglutaminase in milk processing. *Vestnik MAKh*. [Proceedings of the International Academy of refrigeration], 2015, no. 3, pp. 13–18. (In Russ.).

8 Smagin B. I. Production function as the technological basis of the description of patterns of agrarian production. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti*. [Technology of food and processing industry of AIC-healthy food], 2014, no. 4, pp. 94–100. (In Russ.).

УДК 664.87.004.4.012.7

Профессор Г.В. Калашников,
старший преподаватель Е.В. Литвинов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.
тел. (473) 255-38-96

E-mail: kagen5@yandex.ru, zenlit@yandex.ru

Professor G.V. Kalashnikov, associate professor E.V. Litvinov
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and devices
of food manufactures.
phone (473) 255-38-96
E-mail: kagen5@yandex.ru, zenlit@yandex.ru

Линия производства сушеных яблок, груш, моркови, тыквы и чипсов

The line for production of dried apples, pears, carrots, pumpkin and chips

Реферат. Линия предназначена для переработки плодовоовощного сырья и получения сушеных яблок, груш, моркови, тыквы и плодовоовощных чипсов. Линия решает задачи повышения качества готового продукта и тепловой эффективности производства за счет более рационального чередования технологических режимов влагоприращения и влагоудаления с высокой степенью использования энергетического потенциала теплоносителя, применения одинакового по виду инертного теплоносителя (пара) для технологических тепловых процессов, снижения удельных энергозатрат и металлоемкости, а также интенсификации влагоиспарения и создания компактной многофункциональной технологической линии для производства плодовоовощных продуктов с расширенным ассортиментом. Технологическая линия производства сушеных яблок, груш, моркови, тыквы и плодовоовощных чипсов включает моечную машину, инспекционный транспортер, калиброватель, машину для удаления семенного гнезда и устройство резки плодов и овощей на пластины, сульфитатор, сушилку и расфасовочно-упаковочный автомат. При этом линия содержит комбинированный тороидальный аппарат для влаготепловой обработки непрерывного действия, разделенный на секции: секцию подогрева сырья, секцию конвективной сушки, секцию предварительной гидротермической обработки, которая расположена между секциями СВЧ-сушки, и секцию охлаждения высушенного продукта, предназначенную для доведения продукта до конечной готовности. В линии предусмотрен комплекс оборудования из барабанной машины с моечным блоком и многофункциональной установки с дроблением сырья и отделением семечек с учетом типа сырья. Используются рециркуляционный контур, подогрев исходного сырья, отработанные после сушки пар и конденсат в замкнутом контуре для создания энергосберегающей технологии производства готового продукта. Линия представляет собой модульные блоки и перенастраивается в зависимости от вида получаемых сушеных яблок, груш, тыквы или плодовоовощных чипсов на основе разработанных ресурсосберегающей схемы и комбинированной конвективно-СВЧ сушки сырья.

Summary. The line is intended for processing of fruit and vegetable raw materials and receiving dried apples, pears, carrots, pumpkins and the fruit-and-vegetable of chips. The line solves problems of improvement of quality of a ready-made product and thermal production efficiency due to more rational alternation of the technological modes of a moisture increment and dehumidification with high extent of use of an energy potential of the heat carrier, use of the inert heat carrier (steam) identical by the form for technological thermal processes, decrease in specific energy consumption and metal consumption, and also an intensification of moisture evaporation and creation of the compact multipurpose technological line for production of fruit and vegetable products with the expanded range. The technological production line of dried apples, pears, carrots, pumpkin and fruit and vegetable chips contains the jet washer, the inspection conveyor, the size grader, the car for removal of a seed nest and the device are sharp fruits and vegetables on plates, the sulfiter, the dryer and the packing automatic packing machine. Thus the line contains the combined toroidal device for heat-moisture of handling continuous action divided into sections: section of heating of raw materials, section of convective drying, section of preliminary hydration, which is located between microwave drying sections, and the section of cooling of the dried-up product intended for bringing a product to final readiness. The equipment complex from the drum car with the washing block and multipurpose installation with crushing of raw materials and office of sunflower seeds taking into account raw materials type is provided in lines. Are used recirculation a contour, the heating of the initial raw material fulfilled after drying of pairs and a condensate in the closed contour for creation energy-saving of the "know-how" of a ready product. The line represents modular blocks and is recustomized depending on a type of the received dried apples, pears, pumpkins or the fruit-and-vegetable of chips on the basis of the developed resource-saving scheme and the combined convection-microwave-drying drying of raw material.

Ключевые слова: ресурсосберегающая технология, сушеные яблоки, груши, морковь, тыква, плодовоовощные чипсы.

Keywords: resource-saving technology, dried apples, pears, carrots, pumpkin, fruit and vegetable chips.

Известное оборудование для переработки плодоовощного сырья, сушки плодов и овощей отличается низкой тепловой эффективностью и степенью использования потенциала теплоносителя, высокими удельными энергетическими затратами на единицу высушенного продукта, значительной продолжительностью процесса, необходимостью вспомогательных погрузо-разгрузочных и транспортно-складских стадий, повышенными энергетическими затратами [1, 2].

Цель работы состояла в создании ресурсосберегающей линии для переработки плодоовощного сырья и получения сушеных яблок, груш, моркови, тыквы и плодоовощных чипсов.

Решение данной задачи основывается на анализе тепловой и энергетической эффективности исследованных влаготепловых процессов переработки плодоовощного сырья и созданной ресурсосберегающей технологической схемы переработки сырья для производства сушеной продукции и плодоовощных чипсов [1, 3, 4].

На основании проведенных экспериментальных исследований и полученных теоретических данных была разработана ресурсосберегающая машинно-аппаратурная схема линии переработки плодов и овощей [1, 5].

Линия предусматривает процессы влаготепловой обработки растительного сырья с использованием комбинированного энергоподвода и переменного влаготеплового воздей-

ствия, реализующих осциллированную обработку плодов и овощей в установке рециркуляционного типа. При этом достигается обеспечение готовых сушеных продуктов высокой пищевой ценности при сокращении энергозатрат и потерь сырья.

Линия производства сушеных яблок, груш, моркови, тыквы и плодоовощных чипсов является модульного типа в виде отдельных блоков и перенастраивается в зависимости от вида получаемой готовой продукции.

Для сушеных изделий используются блоки с конвективной сушкой, а для плодоовощных чипсов добавляются блоки с СВЧ-энергией. Применение постадийной подачи электромагнитного воздействия на завершающих технологических этапах обработки сырья обусловлено требованием досушивания изделий и необходимостью обеспечения заданного качества плодоовощных чипсов.

Предложенная линия основывается на разработанном способе постадийной комбинированной конвективно-СВЧ-сушки при производстве сушеных продуктов [3].

Разработанная ресурсосберегающая машинно-аппаратурная схема линии показана на примере производства фруктовых яблочных чипсов (рисунок 1) [5]. Данная линия предусматривает предварительную очистку пищевого растительного сырья от остатков оболочки и сортирование с целью выравнивания гранулометрического состава и обеспечения однородности структуры готового продукта.

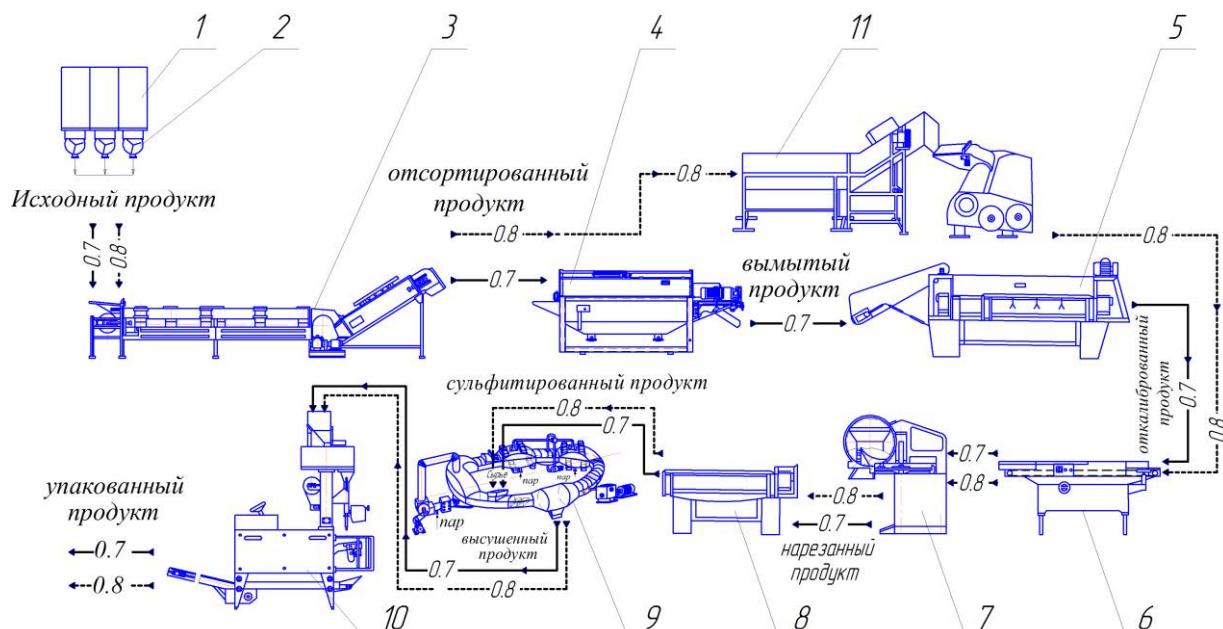


Рисунок 1. Аппаратурно-технологическая схема линии для производства яблочных чипсов: 1 – емкость для исходного сырья, 2 – роторный питатель с весовым механизмом, 3 – сортировочно-инспекционный транспортер, 4 – моечная машина, 5 – калибровщик, 6 – ориентатор, 7 – машина для удаления семенного гнезда с устройством резки сырья на пластины, 8 – сульфитатор, 9 – комбинированный тороидаальный аппарат, 10 – расфасовочно-упаковочный автомат, 11 – комплекс оборудования для гидратации сырья

Исходное сырье на начальном этапе конвективной сушки перегретым паром подвергается бланшированию вследствие конденсации. Конвективная сушка плодов и овощей на начальной стадии влагоудаления обеспечивается перегретым паром контура рециркуляции, пронизывающим восходящим потоком слой дисперсного материала.

Последующие стадии многоступенчатой сушки осуществлялись с использованием СВЧ-энергии. При этом мощность на завершающем этапе сушки, например, яблок, составляла до 30 % начальной, подводимой в контрольную поверхность сушки, при сохранении высокого качества продукта.

Для переработки сырья при бланшировании и сушке предлагается использовать в качестве теплоносителя инертный теплоноситель – перегретый пар, а в дальнейшем – процесс комбинированной конвективно-СВЧ-сушки с промежуточной обработкой сырья водным раствором. Продолжительность получения сушеных яблок и груш составляет около 80-90 мин по сравнению с известными способами (продолжительность только сушки составляет 3,5-4,5 часа в зависимости от влагосодержания готового продукта) [3].

Отличительной особенностью предложенной ресурсосберегающей машинно-аппаратурной схемы линии производства фруктовых чипсов является использование в качестве теплоносителя отработанного перегретого пара рециркуляционного контура конвективной сушки вместе с испаренной влагой для процессов бланширования и конвективной сушки, подогрева исходного сырья, водного

раствора и ступенчатого нагрева осушенного теплоносителя в секционных теплообменниках, а также применения СВЧ-энергии в соответствии с кинетическими закономерностями влаготепловой обработки.

Выполненные исследования процесса сушки на основе предложенного комбинированного способа показали перспективность конвективно-СВЧ-сушки сырья при сокращении продолжительности процесса, повышении теплового и эксергетического КПД отдельных стадий и линии производства фруктовых чипсов [1, 3].

Эксергетический и тепловой КПД предлагаемой ресурсосберегающей аппаратурно-технологической схемы линии производства яблочных чипсов на основе комбинированной конвективно-СВЧ-сушки составляет, соответственно: $\eta_e = 95,52 \%$, $\eta_m = 98,72 \%$, и превышает аналогичные показатели известных технологий (базовый вариант при полном использовании пара – $\eta_e = 41,52 \%$, $\eta_m = 86,45 \%$), что свидетельствует о повышении степени термодинамического совершенства предлагаемой линии [1].

Повышение степени термодинамического совершенства предлагаемой линии обусловлено использованием отработанных теплоносителей на различных технологических стадиях и работой системы в замкнутом цикле.

Разработанная ресурсосберегающая линия переработки плодов и овощей способствует эффективному использованию энергетического потенциала теплоносителя, исключению промежуточных стадий, уменьшению эксплуатационных расходов, а также уменьшению затрат в рабочей силе, приходящейся на единицу продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1 Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Тепловой анализ ресурсосберегающей линии производства фруктовых чипсов // Вестник ВГУИТ. 2014. № 4. С. 12-16.

2 Королев А.А. Применение комбинированного энергоподвода в технологиях сушки растительного сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 11. С. 55-56.

3 Калашников Г.В., Литвинов Е.В. Кинетика СВЧ-сушки яблок // Вестник ВГУИТ. 2012. № 2. С. 40-42.

4 Huang Lue-lue, Zhang Min, Wang Li-ping, Mujumdar Arun S. et al. Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices // LWT - Food Sci. and Technol. 2012. V. 47. № 1. P. 183-188.

5 Пат. № 2485803, RU, А 23 L 01/025, А 23 L 1/064. Линия для производства плодово-овощных чипсов / Калашников Г.В., Литвинов Е.В. № 2012104280/12; Заявл. 07.02.2012; Оpubл. 27.06.2013, Бюлл. № 18.

REFERENCES

1 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Thermal analysis of the resource-saving technology of fruit chips manufacture. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET], 2014, no. 4, pp. 12-16. (In Russ.)

2 Korolev A.A. Application of the combined power supply in technologies of drying of vegetable raw

materials. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2012, no. 11, pp. 55-56. (In Russ.)

3 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. Microwave drying kinetics of apples. *Vestnik VGUITT*. [Proceedings of VSUET], 2012, no. 2, pp. 40-42. (In Russ.).

4. Huang Lue-lue, Zhang Min, Wang Li-ping, Mujumdar Arun S. et al. Influence of combination

drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices. *LWT - Food Sci. and Technol*, 2012, vol. 47, no.1, pp. 183-188.

5 Kalashnikov G.V., Litvinov E.V. *Liniya dlya proizvodstva plodoovoshchnykh chipsov* [Line for the production of fruit and vegetable crisps]. Patent RF, no. 2485803, 2013. (In Russ.).

Доцент Д.А. Казарцев, доцент А.В. Журавлев,
доцент И.С. Юрова, соискатель А.В. Бородкина
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.
тел. (473) 255-38-96

Associate professor D.A. Kazartsev, associate professor A.V. Zhuravlev,
associate professor I.S. Yurova, applicant A.V. Borodkina
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and equip-
ment for food production. phone (473) 255-38-96

Исследование кинетики сушки семян расторопши в вихревой камере с СВЧ-энергоподводом

Investigation of the kinetics of drying seeds thistle in vortex chamber with microwave energy supply

Реферат. При изучении современного состояния теории, техники и технологии переработки расторопши обнаружился ряд проблемных моментов. Один из таких моментов - необходимость в кратчайшие сроки обеспечить качественный и эффективный процесс сушки семян. Однако в России не выпускается специальное оборудование, предназначенное для послепосевной переработки семян расторопши, а используемая для сушки зерна отечественная техника, представленная в основном шахтными и барабанными сушилками, не совсем пригодна для расторопши. Это связано с тем, что, во-первых, в процессе обезвоживания необходимо обеспечить достаточно низкую конечную влажность высушиваемого продукта (5-6 %), а, во-вторых, сохранить его полезные вещества в полном объеме, что накладывает дополнительные ограничения на режимы сушки. Одним из путей создания новой сушильной техники является разработка и внедрение в промышленность высокоинтенсивных аппаратов с активными гидродинамическими режимами с СВЧ-энергоподводом, обеспечивающих во многих случаях более высокие технико-экономические показатели. Поэтому применение аппаратов с закрученным потоком теплоносителя для интенсификации процесса сушки дисперсных материалов представляет, как теоретический интерес, так и практическую ценность. СВЧ-сушка основана на том, что диэлектрические свойства воды и сухих веществ пищевых продуктов различаются: влажный материал значительно быстрее нагревается, чем сухой. В процессе СВЧ-сушки температура более влажных внутренних слоев выше, чем наружных, более обезвоженных (что и создает «правильное» - от внутренних к внешним слоям продукта - направление градиента массо- переноса влаги, не реализуемое ни в одном из иных известных методов сушки). Семена расторопши имеют уникальный состав: 25-32 % жирного масла, 15-17 % протеина, 26 % клетчатки, водорастворимые (группы В) и жирорастворимые (А, D, Е, К, F) витамины, моно- и дисахариды, макро- и микроэлементы (медь, цинк, селен), пищевые волокна и ферменты, слизи до 5 % (глюкоза и др.), фенольные соединения, в том числе флаволигнаны 2-3 % (силибинин, силикрестин, силидианин и др.), азотсодержащие соединения: бетанин, смолы, до 0,1 % эфирного масла и другие вещества. Жирное масло плодов расторопши включает линолевую – 52-62 %, олеиновую – 18-25 %, а также миристиновую, пальмитиновую, стеариновую, бегеновую, арахидоновую кислоты, токоферолы. Продукты из семян расторопши благотворно влияют на обмен веществ, повышают сопротивляемость организма к различным заболеваниям, обладают антиаллергенными и детоксикационными свойствами.

Summary. In the study of the current state of the theory, techniques and technologies for processing of milk thistle showed up a number of problems. One of those moments - the need to promptly provide quality and efficient process for drying seeds, but Russia has not produced special equipment for postharvest processing of seeds of milk thistle, and used for drying grain domestic appliances, represented mainly by mining and drum dryers, it is not suitable for thistle. This is due to the fact that, firstly, in the dewatering process is necessary to provide a relatively low final moisture drying product (5-6 %), and, secondly, to keep their beneficial substance in full, which imposes additional restrictions on the conditions of drying. One way of creating a new drying technology development and implementation in the industry of high-intensive devices with active hydrodynamic regimes with microwave energy supply, providing in many cases, higher technical and economic indicators. Therefore, the use of devices with swirling flow of heat-carrier for the intensification of the process of drying of dispersed materials is both theoretical interest and practical value. Microwave drying is based on the fact that the dielectric properties of water and dry food substances are different: the wet material is heated much faster than dry. During the microwave drying temperature wetter internal layers higher than the exterior more dehydrated (which creates a "right" - from the inner to the outer layers of the product - the gradient of moisture mass transfer is not realizable in any of the other known methods of drying). Milk thistle seeds have a unique composition: 25-32 % fatty oil, 15-17 % protein, 26 % fat, in the-soluble (B group) and fat-soluble (A, D, E, K, F) vitamins, mono- and disaccharides, macro- and trace elements (copper, zinc, selenium), dietary fiber and enzymes, mucus, up to 5 % (glucose, etc.), phenolic compounds including flavolignans 2-3% (silibinin, silychristin, silydianin, and others.), with nitrogen-compound: betanin, resins, 0.1 % essential oils and other substances. Fatty oil comprises linoleic – 52-62 %, oleic – 18-25 % and myristic, palmitic, stearic, behenic, arachidonic acid, tocopherols. Products of the seeds of thistle beneficial effect on metabolism, increase the body's resistance to various diseases, have anti-allergic and detoxifying properties.

Ключевые слова: сушка, расторопша, исследование, вихревой, тепло-массообмен, СВЧ-энергоподвод.

Keywords: drying, milk thistle, research, vortex, heat and mass transfer, the microwave energy supply.

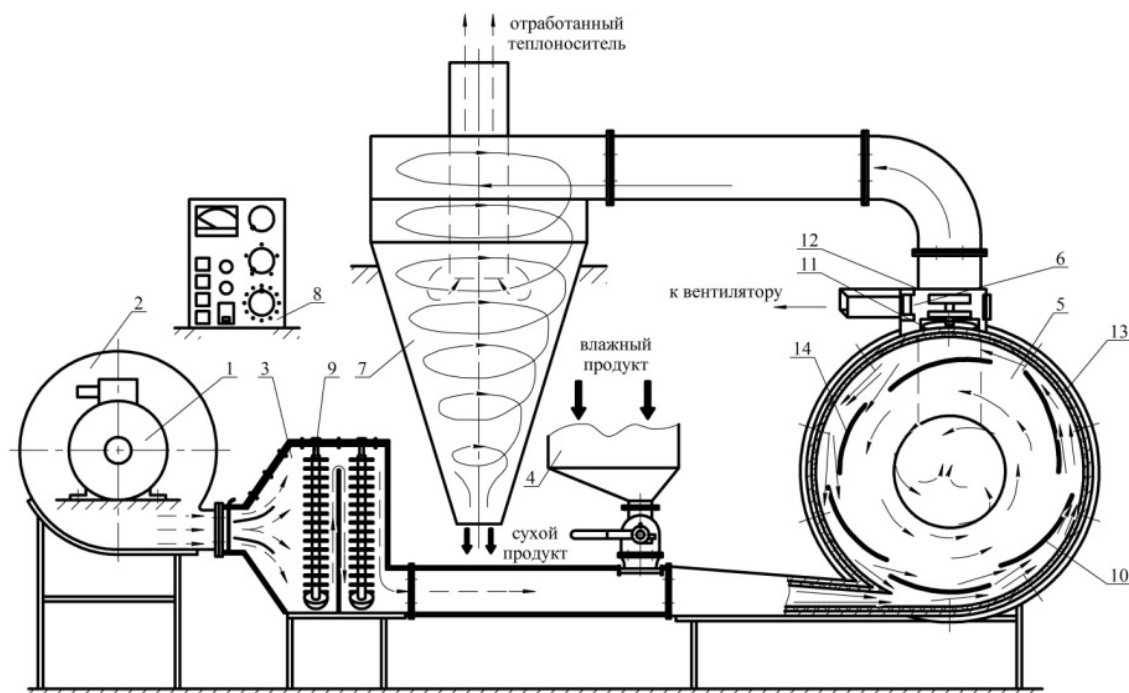
© Казарцев Д.А., Журавлев А.В.,
Юрова И.С., Бородкина А.В., 2015

Расторопша пятнистая обладает большим потенциалом использования в пищевой и комбикормовой промышленности и нашла широкое распространение в сельском хозяйстве России. Она широко используется в мировой практике в качестве сырья для производства лекарственных препаратов. Продукты из семян расторопши благотворно влияют на обмен веществ, повышают сопротивляемость организма к различным заболеваниям, обладают антиаллергенными и детоксикационными свойствами.

При изучении современного состояния теории, техники и технологии переработки расторопши обнаружился ряд проблемных моментов. Один из таких моментов - необходимость в кратчайшие сроки обеспечить качественный и эффективный процесс сушки семян, но в России не выпускается специальное оборудование, предназначенное для послеуборочной переработки семян расторопши.

Для проведения экспериментальных исследований в лаборатории интенсивных методов сушки кафедры «Машины и аппараты пищевых производств» Воронежского государственного университета инженерных технологий нами была изготовлена установка, представленная на рисунке 1, позволяющая проводить процесс СВЧ-сушки в вихревом потоке теплоносителя при различных режимах, контролировать и регистрировать необходимые параметры протекания процесса.

Основными компонентами установки являются: электродвигатель 1, приводящий в движение крыльчатку вентилятора 2, калорифер 3 с оребренными воздушными ТЭНами 9 для подогрева теплоносителя, бункер загрузки 4, вихревая сушильная камера 5, снабженная СВЧ – излучателем 6, осадительный циклон 7, пульт управления 8.



1- электродвигатель; 2- вентилятор; 3- калорифер; 4- бункер загрузки; 5- сушильная камера; 6- СВЧ – излучатель; 7- циклон осадительный; 8- пульт управления; 9- ТЭН воздушный; 10- локальные ускорители потока; 11- волновод; 12- экран защитный; 13- покрытие фторопластовое; 14- направляющие вставки

Рисунок 1. Схема экспериментальной установки для СВЧ-сушки

Вихревая сушильная камера 5 дискового типа представляет собой цилиндр диаметром 0,6 м и шириной 0,15 м покрытый слоем теплоизоляции. Сушильная камера 5 изнутри имеет фторопластовое покрытие 13, способствующее уменьшению коэффициента трения частиц о внутреннюю поверхность камеры. В верхней части камеры расположен СВЧ – излучатель 6, работающий на ча-

стоте 2450 МГц, встроенный в волновод 11, обеспечивающий подвод СВЧ – энергии внутрь сушильной камеры. Внутри сушильной камеры на её боковой поверхности установлены локальные ускорители потока теплоносителя и направляющие вставки, выполненные из радиопрозрачного материала для беспрепятственного пропускания электромагнитных волн и исключения неравно-

мерности распределения СВЧ – энергии. В нижней части фронтальной стенки сушильной камеры 5 установлен пробоотборник (на рисунке не показан), позволяющий отбирать продукт из камеры без остановки сушилки.

Установка работает следующим образом.

Небольшая часть теплоносителя (воздуха) засасывается вентилятором 2 через защитный экран 12 СВЧ – излучателя 6; оставшаяся, основная, часть теплоносителя поступает в вентилятор 2 из окружающей среды. Далее теплоноситель подается в калорифер 3, где нагревается до необходимой температуры, проходя через оребренные воздушные ТЭНы 9. Температуру теплоносителя можно менять в зависимости от влажности исходного продукта, путем плавного регулирования напряжения электрического тока питания нагревательных элементов калорифера 3. Из калорифера 3 поток горячего теплоносителя подается в сушильную камеру 5 по периферии тангенциально вместе с исходным влажным продуктом, частицы которого поступают во входной патрубок через бункер загрузки 4, и далее направляются в вихревую сушильную камеру 5, где происходит процесс интенсивной сушки кольцевого вращающегося слоя продукта, расположенного, в основном, в периферийной зоне камеры.

Важную роль в предотвращении «распада» вращающегося слоя играют локальные ускорители потока 10 и направляющие вставки 14. Локальные ускорители потока 10 теплоносителя закреплены таким образом, чтобы сформировать устойчивый вращающийся кольцевой слой высушиваемых частиц материала и исключить возможность их накопления в зоне максимального сопротивления движению частиц. Направляющие вставки 14, отделяющие высушенные частицы от основного вращающегося кольцевого слоя и направляющие их в центральную зону вихревой сушильной камеры, расположены в зоне возврата частиц к точке подъема.

Интенсификация тепло- и массообмена в процессе сушки происходит также за счет воздействия СВЧ – энергии на частицы продукта.

Необходимое охлаждение СВЧ – излучателя 6 осуществляется путем всасывания наружного воздуха в вентилятор 2 через защитный экран 12 излучателя 6. Контакт СВЧ – излучателя 6 с частицами продукта препятствует фторопластовое покрытие 13 внутренней поверхности корпуса вихревой сушильной камеры 5, свободно пропускающее СВЧ – излучение.

В процессе сушки более влажные частицы продукта под воздействием СВЧ – энергии нагреваются более интенсивно, чем частицы, имеющие меньшую влажность, таким образом, происходит выравнивание влажности материала. Поэтому температура теплоносителя может быть снижена

на 20-40 °С, чем в случае только конвективного подвода тепловой энергии.

Кроме того, интенсификация процесса сушки достигается за счет равномерного распределения СВЧ-поля по объему сушильной камеры 5 в результате сочетания «правильной» цилиндрической формы камеры и специально подобранной конструкции волновода 11.

Частицы высушенного продукта захватываются потоком теплоносителя и выносятся через центральное отверстие в вихревой сушильной камере 5 в осадительный циклон 7, где происходит интенсивное разделение высушенной твердой и отработанной газовых фаз потока.

Сухой продукт выводится через отверстие в конической части осадительного циклона 7, а отработанный теплоноситель выводится в атмосферу.

Экспериментальная установка снабжена приборами и устройствами для управления и контроля технологических параметров процесса.

Для исследования кинетики сушки семена расторопши предварительно увлажнялись до необходимой начальной влажности. При проведении эксперимента сначала установка выводилась на заданный режим путем ее прогрева горячим воздухом в течение 20-25 минут. Параметры процесса поддерживались постоянными в интервале значений: начальное влагосодержание семян от 16 до 28 %; температура сушильного агента от 338 до 368 К; СВЧ – мощность от 350 до 700 Вт. Отбор проб осуществлялся с интервалом в 2 минуты. Влажность семян расторопши определялась методом высушивания до постоянной массы на влагомере при температуре 378 К.

Полученные результаты экспериментов в виде кривых сушки и температурных кривых плодов черной смородины представлены на рисунках 2-7.

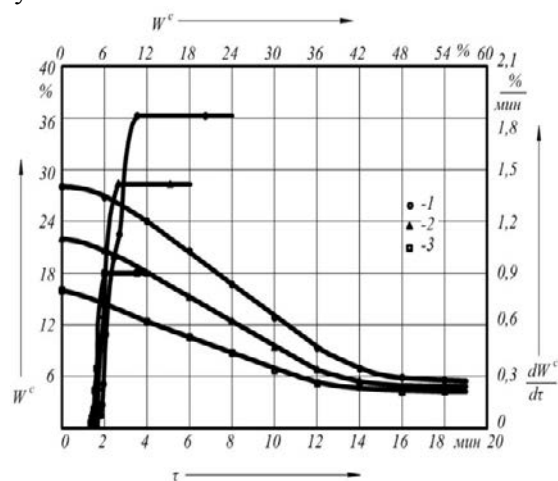


Рисунок 2. Кривые сушки и скорости сушки семян расторопши при $T=353$ К, $P=525$ Вт/кг:
1 – $W^c = 28$ %; 2 – $W^c = 22$ %; 3 – $W^c = 16$ %

Влияние начального влагосодержания семян на кинетику сушки и температуру нагрева материала в процессе сушки представлено на рисунок 2 и рисунок 3.

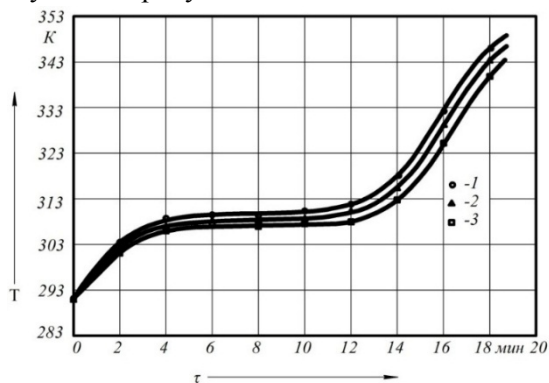


Рисунок 3. Температурные кривые семян рапсосте при $T=338\text{ K}$, $P=525\text{ Вт/кг}$:
1 – $W^c = 28\%$; 2 – $W^c = 22\%$; 3 – $W^c = 16\%$

Из графиков (рисунок 2) видно, что начальное влагосодержание семян оказывает существенное влияние на скорость сушки, что подтверждает результаты многих исследователей. Следует отметить, что процесс испарения влаги с поверхности семян отличается от процесса испарения влаги со свободной поверхности, так как скорость сушки семян с различным начальным влагосодержанием, при прочих равных условиях, различна.

С повышением начального влагосодержания скорость сушки увеличивается. Избыток поверхностной влаги оказывает влияние не только на скорость первого периода, но и на скорость последующих периодов сушки. Это связано с влиянием свободной влаги на усадку, изменение капиллярной структуры материала, образование микротрещин и т.д.

Следует отметить, что начальное влагосодержание семян рапсосте влияет на соотношения периодов постоянной и убывающей скоростей сушки. С ростом влагосодержания увеличивается величина критического влагосодержания и увеличивается доля периода убывающей скорости сушки. Отмеченная закономерность объясняется различной связью влаги с белками и крахмалом семян. Гигроскопичность белкового комплекса семян выше, чем гигроскопичность крахмала, а скорость сушки белков ниже. В семенах с высокой начальной влажностью количество более прочно связанной влаги больше. И хотя скорость сушки в начале процесса довольно велика из-за удаления влаги крахмала, первый период быстро заканчивается, и дальнейший характер протекания процесса определяется сушкой белкового комплекса.

Поскольку сушка белка происходит с меньшей скоростью, наступает период убывающей скорости сушки.

Анализ температурных кривых (рисунок 3) показал, что увеличение начального влагосодержания приводит к увеличению температуры материала. Это связано с повышением коэффициента диэлектрических потерь ε'' с увеличением влагосодержания.

Таким образом, высокое начальное влагосодержание вещества приводит не только к увеличению длительности сушки, и длительности температурного воздействия на термолabileльные компоненты, но и к более высоким температурам материала в процессе сушки. Из этого следует, что сушку семян рапсосте с высоким начальным влагосодержанием следует проводить при более мягких режимах.

Влияние температуры теплоносителя на кинетику сушки и температуру нагрева семян рапсосте в процессе сушки представлено на рисунке 4 и рисунке 5.

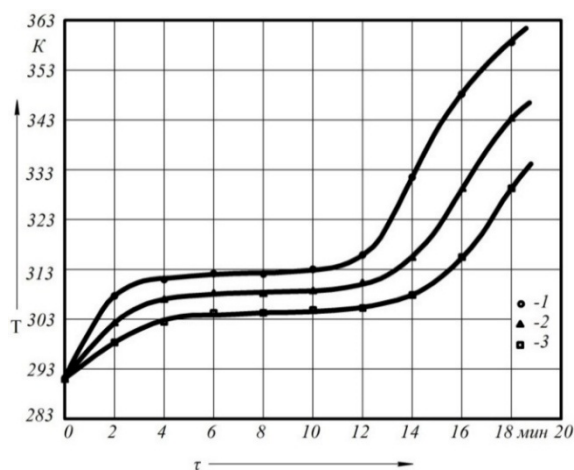


Рисунок 4. Температурные кривые семян рапсосте при $W^c = 22\%$ и $P=525\text{ Вт/кг}$:
1 – $T=338\text{ K}$; 2 – $T=353\text{ K}$; 3 – $T=368\text{ K}$

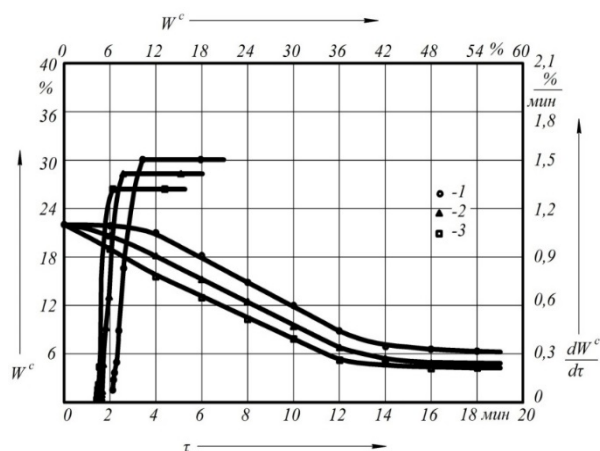


Рисунок 5. Кривые сушки и скорости сушки семян рапсосте при $W^c = 22\%$ и $P=525\text{ Вт/кг}$:
1 – $T=338\text{ K}$; 2 – $T=353\text{ K}$; 3 – $T=368\text{ K}$

Полученные кривые свидетельствуют о том, что температура является одним из наиболее существенных факторов, влияющим на скорость сушки семян. Следует отметить, что температура теплоносителя оказывает влияние на соотношения периодов постоянной и убывающей скоростей сушки. С повышением температуры наблюдается снижение критического влагосодержания. Это объясняется тем, что увеличение температуры интенсифицирует внутреннюю диффузию влаги, а также увеличением доли связанной влаги, испарение которой происходит в первый период сушки.

Из графиков видно, что наибольшая часть влаги удаляется в период постоянной скорости сушки. Это объясняется тем, что семена рапсостебли содержат большое количество осмотической и адсорбционно-связанной влаги. Наличие периода постоянной скорости сушки говорит о том, что интенсивность диффузии влаги превышает интенсивность влагообмена.

Из анализа температурных кривых, представленных на рисунке 4 следует, что применение низких температур сушильного агента обеспечивает большую равномерность теплового воздействия в течение всего процесса.

Влияние СВЧ-мощности на кинетику сушки и температуру нагрева семян рапсостебли в процессе сушки представлено на рисунке 6 и рисунке 7.

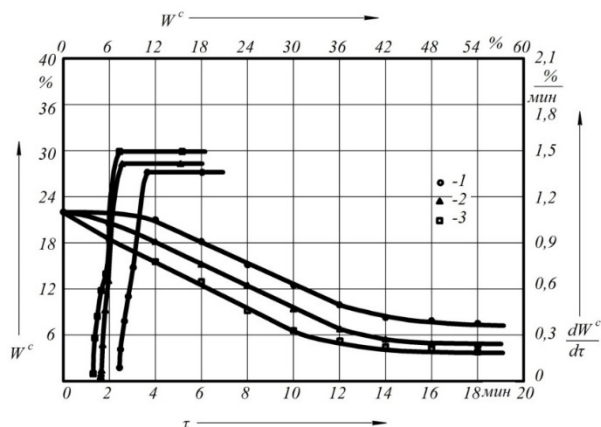


Рисунок 6. Кривые сушки и скорости сушки семян рапсостебли при $W^c = 22\%$ и $T = 353\text{ К}$:
1 — $P = 350\text{ Вт/кг}$; 2 — $P = 525\text{ Вт/кг}$; 3 — $P = 700\text{ Вт/кг}$

Из графиков видно, что СВЧ-мощность оказывает влияние на кинетику сушки подобно температуре сушильного агента.

Отличием воздействия СВЧ-энергии от воздействия температуры сушильного агента на продукт является то, что подводимая СВЧ-мощность в меньшей степени оказывает влияние на

критическое влагосодержание. Соотношения периодов постоянной и убывающей скоростей сушки определяются только формами связи влаги с материалом, что положительно сказывается на качестве высушиваемого материала.

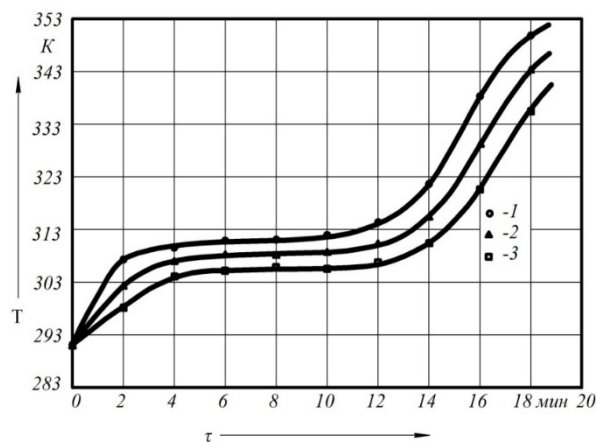


Рисунок 7. Температурные кривые семян рапсостебли при $W^c = 22\%$ и $T = 353\text{ К}$:

1 — $P = 350\text{ Вт/кг}$; 2 — $P = 525\text{ Вт/кг}$; 3 — $P = 700\text{ Вт/кг}$

Следует отметить, что повышение СВЧ-мощности в периоде убывающей скорости сушки позволяет в значительной степени интенсифицировать процесс.

С понижением влажности рапсостебли происходит уменьшение коэффициента диэлектрических потерь, что приводит к снижению количества теплоты, генерируемой в продукте, однако согласно закону Джоуля-Ленца эффективность преобразования энергии переменного электромагнитного поля (ЭМП) в теплоту пропорциональна квадрату напряженности ЭМП, поэтому увеличение подводимой СВЧ-мощности способствует увеличению КПД процесса трансформации СВЧ-энергии.

СВЧ-энергия позволяет в значительной степени интенсифицировать процесс сушки, однако, чрезмерное увеличение подводимой СВЧ-мощности может привести к возникновению большого градиента влагосодержания, и, как следствие, образованию трещин и нарушению структуры семян.

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования кинетики сушки семян рапсостебли позволили сделать вывод, что сочетание высокочастотного способа подвода теплоты с вихревым потоком теплоносителя является оптимальным решением для интенсивной сушки семян рапсостебли. Такая комбинация позволяет управлять градиентами влагосодержания и температуры, изменяя их направления, что существенно сказывается на качестве получаемого сухого продукта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Антипов С.Т., Казарцев Д.А., Журавлев А.В., Виниченко С.А. Исследование кинетики сушки плодов черной смородины в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоподводом // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4. С. 26-31.
- 2 Алексанян И.Ю., Максименко Ю.А., Феклунова Ю.А., Пшеничная Н.Э. Конвективно-радиационная распылительная сушилка для жидких и пастообразных пищевых материалов // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2015. № 3 (7). С. 57-61.
- 3 Кретов И.Т., Казарцев Д.А., Журавлев А.В., Юрова И.С. Проблема переработки семян расторопши в России // Финансы. Экономика. Стратегия. 2010. № 6. С. 43-46.
- 4 Гавриленков А.М., Емельянов А.Б., Шаров А.В. Экологические аспекты интенсификации конвективной сушки // Вестник ВГУИТ. 2012. № 3. С. 137-139.
- 5 Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
- 6 Kudra T., Mujumdar A.S. Advanced Drying Technologies. 2nd Ed. New York: Taylor S Francis, 2009. 500 p.

REFERENCES

- 1 Antipov S.T., Kazartsev D.A., Zhuravlev A.V., Vinichenko S.A. Investigation of the kinetics of drying fruits of black currant in a vacuum apparatus with the microwave energy supply. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET], 2013, no. 4, pp. 26-31. (In Russ.).
- 2 Aleksanyan I.Yu., Maksimenko Yu.A., Feklunova Yu.A., Pshenichnaya N.E. Convection-radiation spray dryer for liquid and paste-like food materials. *Tekhnologiya pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti*. [Technology of food processing industry AIC - healthy food]. 2015, no. 3 (7), pp. 57-61. (In Russ.).
- 3 Kretov I.T., Kazartsev D.A., Zhuravlev A.V., Yurova I.S. The problem of processing the seeds of milk thistle in Russia. *Finansy. Ekonomika. Strayegiya*. [Finances. Economy. Strategy], 2010, no. 6, pp. 43-46. (In Russ.).
- 4 Gavrilencov A.M., Emelyanov A.B., Sharov A.V. Environmental aspects of the intensification of convective drying. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET], 2012, no. 3, pp. 137-139. (In Russ.).
- 5 Lykov A.V. Teoriya sushki [The theory of drying]. Moscow, Energiya, 1968. 472 pp. (In Russ.).
- 6 Kudra T., Mujumdar A.S. Advanced Drying Technologies. 2nd Ed. New York: Taylor S Francis, 2009. 500 p.

УДК 664

Заведующий лабораторией В.В. Ананских,
старший научный сотрудник В.М. Чесноков
(ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов) тел. (495) 557-15-00
E-mail: vniik@arrisp.ru

Chief of laboratory V.V. Ananskikh,
senior research scientist V.M. Chesnokov
(All-Russian Research Institute for Starch Products) phone (495) 557-15-00
E-mail: vniik@arrisp.ru

Паровой смеситель для клейстеризации крахмала в разжижающей установке

Vapor mixer for gelatinization of starch in liquefying station

Реферат. Гидролиз крахмала является основным технологическим процессом в производстве сахаристых продуктов. Кислотный гидролиз крахмала с применением соляной кислоты осуществляется быстро, но не позволяет проводить полный гидролиз, а также получать продукты с заданным углеводным составом. Биоконверсия крахмала обеспечивает устранение указанных недостатков. При получении сахаристых веществ из крахмала с помощью ферментов гидролиз крахмала осуществляется двухстадийным способом. На первой стадии – разжижении крахмала происходит резкое увеличение вязкости продукта, требующее высокоинтенсивного перемешивания. Разжижающая установка состоит из разварника, выдерживателя, регулятора давления и испарителя. Разварник крахмала является её основной частью, в нём крахмал быстро переходит в растворимое (клейстеризованное) состояние и частично разжижается путём инжектирования крахмальной суспензии потоком водяного пара давлением не менее 0,8 МПа. Для определения конструктивных размеров смесителя для разваривания крахмала проведены тепловой и гидравлический расчёты. При этом основными задаваемыми гидравлическими параметрами являются: перепад давления на смесителе, давление пара на входе в смеситель, суточная производительность установки по патоке M , расход продукта (крахмальной суспензии), диаметр входного сечения насадка для пара. Цель расчёта – определение расхода пара M_1 , диаметра d_2 выходного сечения конфузора инжектора, длины l_2 участка клейстеризации. Для теплового расчёта использована формула Шухова совместно с уравнением теплового баланса для процесса клейстеризации. Численное решение полученных с принятыми допущениями уравнений, приведённое в прикладном математическом пакете MATHCAD, для $M = 50$ т/сут даёт требуемый суточный расход пара $M_1 = 14,446$ т. При гидравлическом расчёте для перепада давления на смесителе использована теорема Бернулли. При решении полученных уравнений с помощью MATHCAD найдены диаметр выходного сечения конфузора $d_2 = 0,023$ м, давление в камере смесителя $p_2 = 3,966 \cdot 10^5$ Па, $l_2 = 0,128$ м. Разработанная методика расчёта используется для определения конструктивных параметров струйного разварника непрерывнодействующих осахаривателей крахмала любой производительности.

Summary. Starch hydrolysis is main technological process in production of starch sweeteners. Acid hydrolysis of starch using hydrochloric acid is carried out very fast but it does not allow to carry out full hydrolysis and to produce products with given carbohydrate composition. Bioconversion of starch allows to eliminate these limitations. At production of starch sweeteners from starch using enzymes starch hydrolysis is carried out in two stages. At first starch – starch liquefaction the rapid increase of viscosity takes place which requires intensive mixing. Liquefying station consists of jet-cooker, holder, pressure regulator and evaporator. Jet-cooker of starch is its main part, starch is quickly turns into soluble (gelatinized) state and it is partially liquefied by injection of starch suspension by flow of water vapor under pressure not less than 0,8 MPa. Heat and hydraulic calculation were carried out in order to determine constructive sizes of mixer for cooking of starch. The main hydraulic definable parameters are pressure drop in mixer, vapor pressure at mixer inlet, daily capacity of station by glucose syrup M , product consumption (starch suspension), diameter of inlet section of vapor nozzle. The goal of calculation was to determine vapor consumption M_1 , diameter d_2 of outlet section of confuser injector, length l_2 of gelatinization section. For heat calculation there was used Shukhov's formula along with heat balance equation for gelatinization process. The numerical solution obtained with adopted assumptions given in applied mathematical package MATHCAD, for $M = 50$ t/day gives required daily vapor consumption $M_1 = 14,446$ t. At hydraulic calculation of pressure drop in mixer there was used Bernoulli's theorem. Solving obtained equations using MATHCAD found diameter of outlet section of confuser $d_2 = 0,023$ m, vapor pressure inside of mixer $p_2 = 3,966 \cdot 10^5$ Pa, $l_2 = 0,128$ m. Developed method of calculation is used to determine constructive sizes of jet-cooker of continuously operated starch saccharification process of any capacity.

Ключевые слова: крахмал, гидролиз, биоконверсия, разжижение, осахариватель, тепловой расчет, гидравлический расчет, непрерывно действующий осахариватель.

Key words: starch, hydrolysis, bioconversion, liquefaction, heat calculation, hydraulic calculation, continuously operated saccharification tank.

При получении сахаристых веществ из крахмала с помощью ферментов гидролиз крахмала осуществляется двухстадийным способом. Вначале проводится разжижение крахмала, а затем его осахаривание. Разжижение крахмала осуществляется в разжижающей установке, состоящей из разварника, выдерживателя, регулятора давления и испарителя [1]. Основной частью всей разжижающей установки является разварник крахмала, с помощью которого крахмал быстро переходит в растворимое (клейстеризованное) состояние и частично разжижается. Основной вид струйного разварника, или парового смесителя представлен на рисунке 1.

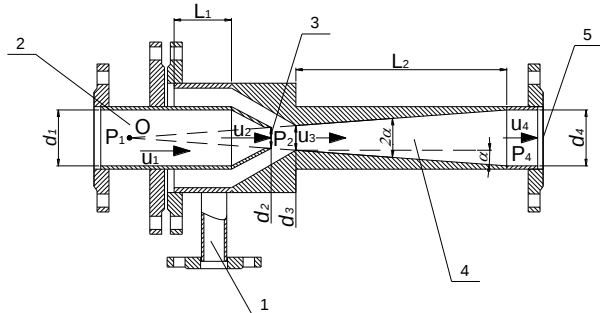


Рисунок 1. Вид струйного разварника:
1 – патрубок подвода крахмальной суспензии;
2 – патрубок подвода пара; 3 – сопло для создания струи пара; 4 – камера смешения; 6 – выходной патрубок

Принцип работы разварника заключается в подаче суспензии крахмала в струю пара, движущегося с большой скоростью. При этом крахмал быстро клейстеризуется и частично разжижается [2].

Подготовленная к разжижению крахмальная суспензия непрерывно попадает в строго определенном количестве через патрубок 1 в поток водяного пара, движущегося через сопло 3 в камеру смешения 4. Пар с давлением на входе не менее 0,8 МПа подается через патрубок 2. Соотношение объемов пара и крахмальной суспензии, подаваемых в камеру смешения 4, должно обеспечить температуру смеси на уровне 105-110 °С [3]. В это время крахмал, находящийся в суспензии, переходит в растворимое состояние (клейстеризуется) и выходит через патрубок 5 в выдерживатель.

Для определения конструктивных размеров смесителя для разваривания крахмала необходимо провести тепловой и гидравлический расчеты. При этом основными задаваемыми гидравлическими параметрами являются: перепад давления на смесителе $\Delta p = p_1 - p_4$, давление пара на входе в смеситель p_1 , суточ-

ная производительность установки по патоке M , секундный расход продукта (крахмальной суспензии) q_2 , диаметр d_1 входного сечения насадка для пара.

Основными тепловыми параметрами являются: начальная температура продукта T_1 в зоне клейстеризации, температура продукта T_3 в зоне клейстеризации, температура пара на входе в смеситель T_0 .

Целью расчёта является определение суточного расхода пара M_1 , диаметра d_2 выходного сечения конфузора, длины l_2 участка клейстеризации (рисунок 1).

1. Тепловой расчёт

Определим температуру пара T_2 в выходном сечении участка l_1 цилиндрической части трубы, находящейся в камере смесителя, и суточный расход пара. Для этого используем формулу Шухова [4] совместно с уравнением теплового баланса для процесса клейстеризации. Принимая, что на участке l_1 стенки трубы имеют температуру продукта в камере смесителя, получим на основании формулы Шухова:

$$T_2 = T_1 + (T_0 - T_1) \cdot e^{\frac{\pi \cdot d_1 \cdot K \cdot l_1}{c_p \cdot \rho_1 \cdot q_1}}, \quad (1)$$

где K – коэффициент теплопередачи; c_p – коэффициент теплоёмкости пара при постоянном давлении; ρ_1 – плотность пара; q_1 – секундный расход пара.

Уравнение теплового баланса для процесса клейстеризации имеет вид:

$$M_1 \cdot (i - c_1 \cdot T_2) = 1,1 \cdot (Q_1 + Q_2), \quad (2)$$

где M_1 – суточный массовый расход пара, i – теплосодержание пара, c_1 – удельная теплоёмкость конденсата, Q_1 – количество тепла, требуемое на нагревание продукта от начальной температуры T_1 в камере смесителя до конечной температуры T_3 в зоне клейстеризации l_2 , Q_2 – количество тепла требуемое на клейстеризацию продукта, 1,1 – коэффициент, учитывающий потери тепла.

Величины M_1 , Q_1 и Q_2 , и определяются по следующим формулам:

$$M_1 = 3600 \cdot q_1 \cdot \rho_1 \cdot t, \quad (3)$$

$$Q_1 = M_2 \cdot c_2 \cdot (T_3 - T_1), \quad (4)$$

$$Q_2 = 154 \cdot M_3, \quad (5)$$

где t – время работы установки в сутки,

$$M_2 = \frac{M \cdot m}{n_0} \quad (6)$$

M_2 – масса крахмальной суспензии с содержанием сухих веществ n_0 ; c_2 – удельная теплоёмкость продукта; 154 кДж/кг – количество тепла, требуемое для клейстеризации 1 кг продукта; m – расход в кг абсолютно сухого крахмала на 1 т патоки; M_3 – количество абсолютно сухого крахмала, требуемого к переработке в сутки:

$$M_3 = M \cdot m \quad (7)$$

Величина m в кг определяется по эмпирической формуле:

$$m = 780,979 + 31,188 \cdot e^{-0,055M}. \quad (8)$$

Подстановкой в (2) выражений M_1 из (3), T_2 из (1), Q_1 с учётом (6) и (8) из (4) и Q_2 с учётом (7) и (8) из (5) получим уравнение для определения секундного расхода пара q_1 :

$$3600 \cdot q_1 \cdot \rho_1 \cdot t \cdot \left\{ i - c_1 \cdot \left[T_1 + (T_0 - T_1) \cdot e^{\frac{\pi \cdot d_1 \cdot K \cdot l_1}{c_p \cdot \rho_1 \cdot q_1}} \right] \right\} - 1,1 \cdot (Q_1 + Q_2) = 0 \quad (9)$$

Для численного решения этого уравнения используем следующие данные:

$$\begin{aligned} \rho_1 &= 0,6 \text{ кг/м}^3, \quad t = 22 \text{ ч}, \quad i = 2729 \text{ кДж/кг}, \\ c_1 &= 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}, \quad T_1 = 35^\circ \text{C}, \\ T_0 &= 155^\circ \text{C}, \quad d_1 = 0,05 \text{ м}, \\ K &= 0,0233 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{град}, \quad l_1 = 0,3 \text{ м}, \\ c_p &= 2,14 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}, \\ c_2 &= 3,12 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град}, \quad n_0 = 0,38, \\ M &= 50 \text{ т/сутки}. \end{aligned}$$

Численное решение уравнения (9), приведённое в математическом пакете MATHCAD, даёт для секундного расхода пара величину $q_1 = 0,304 \text{ м}^3/\text{с}$, а на основании (3) для суточного количества пара – величину $M_1 = 14,446 \text{ т}$.

Из решения (9) и формулы (1) также следует, что температура пара T_2 в конце участка l_1 мало отличается (меньше, чем на один градус) от начальной температуры T_0 на входе в смеситель. Поэтому в уравнении теплового баланса (2) температуру T_2 можно заменить на T_0 .

2. Гидравлический расчёт

Исходим из того, что заданный перепад давления на смесителе Δp равен сумме перепадов давления Δp_1 на конфузоре и Δp_2 на диффузоре участка l_2 , т. е.

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 \quad (10)$$

Перепад давления Δp_1 находится по теореме Бернулли. При этом, в силу малой вязкости пара, пренебрегаем потерями давления на преодоление сил вязкого трения на конфузоре и участке l_1 . Выражая скорости пара в сечениях с диаметрами d_1 и d_2 через расход пара q_1 , получим:

$$\Delta p_1 = p_1 - p_2 = \frac{8 \cdot \rho_1 \cdot q_1^2}{\pi^2} \cdot \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) \quad (11)$$

Определить перепад давления Δp_2 значительно сложнее, поскольку на участке клейстеризации l_2 продукт имеет большую вязкость, а значит, на этом участке нельзя пренебречь потерями напора на преодоление сил вязкого трения. Кроме того, неясен характер течения (ламинарное или турбулентное) продукта на этом участке.

Для определения характера течения продукта на участке l_2 примем во внимание, что на этом участке имеем диффузорный канал с небольшим углом конусности $\alpha \approx 5^\circ = \pi/36$. Поэтому найдём число Рейнольдса для такого канала так же, как и для цилиндрического канала, но по некоторому среднему диаметру $\bar{d}$.

Определим расход продукта на участке l_2 , считая, что на этом участке весь пар сконденсировался и превратился в воду с температурой, равной температуре клейстеризации продукта T_3 . Тогда секунднй расход q продукта на участке l_2 будет складываться из расхода крахмальной суспензии q_2 и расхода $q_{1в}$ воды с температурой T_3 .

$$\text{При этом} \quad q_2 = \frac{M_2}{3,6 \cdot \rho_2 \cdot t}, \quad (12)$$

где ρ_2 – плотность продукта в зоне клейстеризации, а из закона сохранения массы воды и пара

$$q_{1в} = \frac{q_1 \cdot \rho_1}{\rho_{1в}}, \quad (13)$$

где $\rho_{1в}$ – плотность воды при температуре T_3 . Тогда

$$q = q_2 + q_{1в} = \frac{M_2}{3,6 \cdot \rho_2 \cdot t} + \frac{q_1 \cdot \rho_1}{\rho_{1в}} \quad (14)$$

Выражая число Рейнольдса через расход q и средний диаметр $\bar{d}$, найдём

$$R_2 = \frac{2 \cdot \rho_2 \cdot q}{\pi \cdot \mu_2 \cdot \bar{d}}, \quad (15)$$

где μ_2 – коэффициент вязкости продукта в зоне клейстеризации. Численные расчёты

по формулам (12)–(15) приведены в математическом пакете MATHCAD. Рассчитанное по среднему диаметру $\bar{d} = 0,04$ м, плотности $\rho_2 = 1173,4$ кг/м³ и вязкости $\mu_2 = 0,5$ Па·с число Рейнольдса равно $R_2 = 48218$. Это значение значительно меньше критического для цилиндрической трубы. Поэтому следует ожидать, что и для слабо расширяющегося диффузорного канала при найденном числе Рейнольдса течение будет ламинарным.

Используя условие ламинарности течения на участке l_2 , найдём перепад давления Δp_2 двумя способами: 1-й способ – использование точного решения для течения вязкой жидкости в диффузоре [5], и 2-й способ – использование экспериментальной формулы для определения коэффициента сопротивления диффузора [5].

При первом способе находим, согласно [3], потерю давления $\Delta p'_2$ на преодоление сил вязкого трения:

$$\Delta p'_2 = 2 \cdot \mu_2 \cdot C \cdot (1 - 3 \cdot \cos^2 \theta) \cdot \left(\frac{1}{r_3^3} - \frac{1}{r_4^3} \right), \quad (16)$$

где r_3 и r_4 – расстояния от вершины конуса О (рисунки 1, 2) вдоль его образующей сечений соответственно диаметрами d_3 и d_4 , θ – угловая сферическая координата ($0 \leq \theta \leq \alpha$), α – половина угла раствора конуса (рисунки 1, 2),

$$C = \frac{q}{2 \cdot \pi \cdot (1 - \cos \alpha)^2 \cdot (2 \cdot \cos \alpha + 1)}, \quad (17)$$

Примем во внимание, что в диффузорном канале с малым углом конусности давление слабо зависит от угла θ . Поэтому в любом

сечении этого канала давление будет практически такое же, как и при $\theta = 0$, т. е. на его оси.

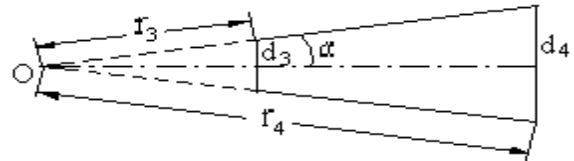


Рисунок 2. Конус, образующий сечение по диаметрам d_3 и d_4

Преобразуем выражение (16) с учётом (17), полагая в нём $\theta = 0$ и выражая расстояния r_3 и r_4 через диаметры соответствующих сечений (рисунок 2) по формулам:

$$r_3 = \frac{d_3}{2 \sin \alpha}, \quad r_4 = \frac{d_4}{2 \sin \alpha}. \quad \text{В результате получим:}$$

$$\Delta p'_2 = - \frac{16 \cdot \mu_2 \cdot q \cdot \sin^3 \alpha}{\pi \cdot (1 - \cos \alpha)^2 \cdot (2 \cos \alpha + 1)} \cdot \left(\frac{1}{d_4^3} - \frac{1}{d_3^3} \right) \quad (18)$$

Величина диаметра d_3 должна выбираться в зависимости от диаметра d_2 так, что

$$d_3 = n \cdot d_2 \quad (19)$$

при $n > 1$. Полный перепад давления Δp_2 на участке l_2 найдём по теореме Бернулли для реальной жидкости [5].

$$p_2 + \frac{\rho_2 \cdot u_3^2}{2} = p_4 + \frac{\rho_2 \cdot u_4^2}{2} + \Delta p'_2, \quad (20)$$

где p_4 – давление на выходе из диффузора; u_3, u_4 – соответственно скорости продукта на входе и на выходе (рис.1). Выражая скорости u_3, u_4 через расход q и учитывая (18) и (19), находим из (20):

$$\Delta p_2 = \frac{8 \cdot \rho_2 \cdot q^2}{\pi^2} \cdot \left(\frac{1}{d_4^4} - \frac{1}{n^4 \cdot d_2^4} \right) - \frac{16 \cdot \mu_2 \cdot q \cdot \sin^3 \alpha}{\pi \cdot (1 - \cos \alpha)^2 \cdot (2 \cos \alpha + 1)} \cdot \left(\frac{1}{d_4^3} - \frac{1}{n^3 \cdot d_2^3} \right) \quad (21)$$

Полный перепад давления Δp_2 на смесителе согласно (10), (11) и (21) равен

$$\Delta p = \frac{8 \cdot \rho_1 \cdot q_1^2}{\pi^2} \cdot \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) + \frac{8 \cdot \rho_2 \cdot q^2}{\pi^2} \cdot \left(\frac{1}{d_4^4} - \frac{1}{n^4 \cdot d_2^4} \right) - \frac{16 \cdot \mu_2 \cdot q \cdot \sin^3 \alpha}{\pi \cdot (1 - \cos \alpha)^2 \cdot (2 \cos \alpha + 1)} \cdot \left(\frac{1}{d_4^3} - \frac{1}{n^3 \cdot d_2^3} \right). \quad (22)$$

Уравнение (22) решалось численно с помощью прикладного математического пакета MATHCAD относительно выходного диаметра конфузора d_2 при следующих дополнительных данных: $d_4 = 0,05$ м, $\alpha \approx 5^\circ = \pi/36$, $\Delta p = 1,5 \cdot 10^5$ Па, $n = 1,2$. Найденный диаметр выходного сечения конфузора $d_2 = 0,023$ м. Давление в камере смесителя $p_2 = 3,966 \cdot 10^5$ Па. Длина участка клейстеризации $l_2 = 0,128$ м.

При втором способе перепад давления на участке клейстеризации l_2 находится с помощью теоремы Бернулли для реальной жидкости с учётом потерь напора, который

рассчитывается по коэффициенту сопротивления в диффузоре [5]. В этом случае получим:

$$p_2 + \frac{\rho_2 \cdot u_3^2}{2} = p_4 + \frac{\rho_2 \cdot u_4^2}{2} + \xi \cdot \frac{\rho_2 \cdot u_3^2}{2}, \quad (23)$$

где ξ – коэффициент сопротивления диффузора, который согласно [3] равен:

$$\xi = k \cdot \left[1 - \left(\frac{d_3}{d_4} \right)^2 \right]^2, \quad (24)$$

где коэффициент k зависит от угла α и для значения $\alpha = 5^\circ$ равен $\xi = 0,16$.

Выполнив в равенстве (23) те же преобразования, что и для первого способа, найдём из него перепад давления на участке l_2 :

$$\Delta p_2 = \frac{8 \cdot \rho_2 \cdot q^2}{\pi^2} \cdot \left(\frac{1}{d_4^4} - \frac{1}{d_3^4} \right) + 1,28 \cdot \left[1 - \left(\frac{d_3}{d_4} \right)^2 \right] \cdot \frac{\rho_2 \cdot q^2}{\pi^2 \cdot d_3^4} \quad (25)$$

Полный перепад давления на смесителе согласно (10), (11), (19) и (25) равен:

$$\Delta p = \frac{8 \cdot \rho_1 \cdot q_1^2}{\pi^2} \cdot \left(\frac{1}{d_2^4} - \frac{1}{d_1^4} \right) + \frac{8 \cdot \rho_2 \cdot q^2}{\pi^2} \cdot \left(\frac{1}{d_4^4} - \frac{1}{n^4 d_2^4} \right) + 1,28 \cdot \left[1 - \left(\frac{n \cdot d_2}{d_4} \right)^2 \right] \cdot \frac{\rho_2 \cdot q^2}{\pi^2 \cdot n^4 \cdot d_2^4} \quad (26)$$

ЛИТЕРАТУРА

1 Лукин Н.Д., Бородин З.М., Липидус Т.В. и др. Исследование процесса биоконверсии нативного кукурузного крахмала с применением различных амилолитических ферментов // Достижения науки и техники АПК. 2011. №12. С. 74-76.

2 Лукин Н.Д., Бородин З.М., Папахин А.А. и др. Исследование действия амилолитических ферментов на нативный крахмал различных видов в гетерогенной среде // Достижения науки и техники АПК. 2013. №10. С. 62-64.

3 Голованчиков А.Б., Шагарова А.А., Дулькина Н.А., Даниличева М.В. Разработка комбинированный смесителей для перемешивания жидких гетерогенных систем // Известия ВолгГТУ. 2013. №1 (104). С. 94-99.

4 Голованчиков А.Б., Шагарова А.А., Дулькина Н.А., Коржова М.В., Осауленко Г.И. Смеситель для перемешивания высоковязких неньютоновских жидкостей, эмульсий и суспензий // Известия ВолгГТУ. 2012. № 4 / ВолгГТУ. С. 128-129.

5 Алфёров А.С. Экспериментальные исследования процесса смешивания сухих и жидких компонентов комбикормов // Вестник Алтайского ГАУ. 2012. №10. С. 115-118.

Расчёт величин d_2 , p_2 и l_2 , и, проведенный в соответствии с (26), полностью совпадает с теми результатами, которые были получены ранее на основании решения (22). Это объясняется тем, что падение давления Δp_1 на конфузоре (первое слагаемое в (22) и (26)) значительно превышает падение давления Δp_2 на диффузоре (второе слагаемое в (22) и (26)).

На основе проведенных тепловых и гидравлических расчётов разработана методика расчёта для определения конструктивных параметров струйного разварника непрерывнодействующих осахаривателей крахмала любой производительности.

REFERENCES

1 Lukin N.D., Borodina Z.M., Lapidus T.V. et al. Study of bioconversion of native corn starch using different amylolytic enzymes. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. [Achievements of Science and Technology of Agro-industrial Complex], 2011, no. 12, pp. 74-76. (In Russ).

2 Lukin N.D., Borodina Z.M., Papakhin A.A. et al. Study of amylolytic enzymes action upon native starch of different kinds in heterogeneous medium. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. [Achievements of Science and Technology of Agro-industrial Complex], 2013, no. 10, pp.62-64. (In Russ).

3 Golovanchikov A.B., Shagarova A.A., Dulkina N.A., Danilicheva M.V. Development of combined mixers for mixing liquids in heterogeneous systems. *Izvestiya VolgGTU*. [Proceedings of VolgSTU], 2013, no. 1 (104), pp. 94-99. (In Russ).

4 Golovanchikov A.B., Shagarova A.A., Dulkina N.A., Korzhova M.V. et al. Mixer for mixing high-viscosity non-newton liquids, emulsions and suspensions. *Izvestiya VolgGTU*. [Proceedings of VolgSTU], 2012, no. 4, pp. 128-129. (In Russ).

5 Alferov A.S. Experimental studies of mixing of dry and liquid components of animal feed. *Vestnik Altaiskogo GAU*. [Proceedings of Altai SAU], 2012, no. 10, pp. 115-118. (In Russ).

УДК 621.423.31

Доцент Н.А. Мазуха, доцент В.В. Картавец,
доцент А.П. Мазуха,

(Воронеж. гос. аграрный университет) кафедра электрификации сельского хозяйства.
тел. 89515523725

E-mail: nat052005@yandex.ru

профессор В.В. Шитов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра физики, теплотехники и теплоэнергетики

E-mail: svw@list.ru

Associate professor N.A. Mazukha, associate professor V.V. Kartavtsev,
associate professor A.P. Mazukha,

(Voronezh state agrarian university) Department of electrification of agriculture.
phone 89515523725

E-mail: nat052005@yandex.ru

professor V.V. Shitov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of physics, heating
engineers and power system

E-mail: svw@list.ru

Схема с многофункциональным реле для экономии электрической энергии в зернометателе

The scheme with the multipurpose relay for economy of electric energy in to grain thrower

Реферат. Предложена схема для экономии электрической энергии при работе зернометателя типа ЗМЭ 60 (Воронежская обл., г. Семилуки) на зернотоках в сельском хозяйстве. Зернометатель может выполнять следующие технологические операции: погрузку зерна в транспортные средства; загрузку и выгрузку зерноскладов; механическое перелопачивание зерна на открытых площадках; сепарацию зерна с отделением легких примесей. В схеме использовано реле 3UG3521/22т (фирма SIEMENS). Реле может выполнять многофункциональную защиту двигателей и содержит в себе реле максимального тока, реле минимального тока, реле времени и указательное реле. Приведены временные диаграммы реле 3UG3521/22т в режиме «без сохранения» и в режиме с «сохранением» для функций OVER (реакция на рост тока) и функцией UNDER (реакция на спад тока). Использование реле 3UG3521/22т позволило получить защиты при затяжном пуске электродвигателей, при перегрузке электродвигателей, при холостом ходе (для экономии электрической энергии за счёт автоматического отключения транспортёра) и при обрыве или заклинивании транспортёра. Кроме того, в схеме предложено применение многофункционального реле напряжения (реле контроля фаз) для защиты трех двигателей зернометателя при неполнофазных режимах питающей сети. Экономия электрической энергии может быть получена в случае, например, запаздывающих действий оператора по своевременному отключению двигателя самохода при переходе зернометателя на холостой ход. На практике переход зернометателя в режим холостого хода довольно часто возможен по мере уменьшения количества перебрасываемого зерна на площадке перед зернометателем. На практике переход зернометателя в режим холостого хода довольно часто возможен по мере уменьшения количества перебрасываемого зерна на площадке перед зернометателем. Предлагаемая электрическая схема может быть использована в зернометателях и зернопогрузчиках во временных складах, зернохранилищах и открытых зернотоках.

Summary. The scheme for economy of electric energy during the work for an example of a grain thrower of the ZME 60 type (Voronezh Region, Semiluki) on grain flows in rural economy is offered. Grain thrower can carry out the following technological operations: loading of grain in vehicles; loading and unloading of grain stores; MECHANICAL shoveling of grain on the open areas; separation of grain with office of light impurity. In the scheme the relay 3UG3521/22t (SIEMENS firm) is used. The relay can open up multipurpose protection of engines and comprises the relay of the maximum current, the relay of the minimum current, a timer and the index relay. Temporary charts of the relay 3UG3521/22t are provided in the mode "without preservation" and in the mode with "preservation" for the OVER functions (reaction to growth of current) and the UNDER function (reaction to recession of current). Use of the relay 3UG3521/22t allowed to receive protection at long start-up of electric motors, at an overload of electric motors, when idling (for economy of electric energy due to automatic shutdown of the conveyor) and at break or jamming of the conveyor. Besides, in the scheme it is offered the multipurpose relay of tension (the relay of control of phases) for protection of three engines of a grain thrower at not full-phase modes of a power line. The economy of electric energy can be received in case of, for example, the late actions of the operator for timely shutdown of the engine of a self-feed upon transition of a grain thrower to idling. In practice transition of a grain thrower to the mode of idling is quite often possible in process of reduction of amount of the thrown grain on a platform before a grain thrower. In practice transition of a grain thrower to the mode of idling is quite often possible in process of reduction of amount of the thrown grain on a platform before a grain thrower. The offered electric circuit can be used in the grain thrower and grain loaders in temporary warehouses, granaries and open grain flows.

Ключевые слова: зернометатель, функции реле, схема управления, двигатель самохода.

Keywords: grain thrower, functions of the relay, scheme of management, selffeed engine.

© Мазуха Н.А., Картавец В.В.,
Мазуха А.П., Шитов В.В., 2015

Серийный зернометатель ЗМЭ 60 (Воронежская обл., г. Семилуки) предназначен для механизации работ на открытых токах и в зерноскладах. Зернометатель может выполнять следующие технологические операции:

- погрузку зерна в транспортные средства;
- загрузку и выгрузку зерноскладов;
- механическое перелопачивание зерна на открытых площадках;
- сепарацию зерна с отделением легких примесей.

Зернометатель при небольшом числе электрических аппаратов прост по схеме управления и соответственно имеет меньшую стоимость. Однако для лучшего энергосбережения его схему можно усовершенствовать, добавив в неё серийное реле 3UG3521/22т (фирма SIEMENS) [1, 2].

Это реле позволяет построить довольно многофункциональную защиту электродвигателей, т.к. оно фактически содержит в себе:

- реле максимального тока;
- реле минимального тока;
- реле времени;
- указательное реле.

Это реле можно использовать для защиты электроприводов, например, при их затяжном пуске, перегрузке и для защиты от работы на холостом ходу. Поэтому на базе этого реле можно строить защиту электроприводов зернометателей на зернотоках, позволяющую экономить электрическую энергию за счёт сокращения работы загрузочного транспортёра зернометателя в режиме холостого хода или недостаточной подачи зерна на транспортёр.

Рассмотрим подробнее возможности названного реле.

Три ступени переключения токовых диапазонов реле позволяют использовать одно и то же реле в электроприводах разного диапазона мощностей (это позволяет в защите учесть вид зерна и состояние зерна).

Реле может работать в режимах “без сохранения” (без запоминания) и “с сохранением” (с запоминанием срабатывания). Кроме того, реле может работать с функцией OVER (реакция на рост тока) и функцией UNDER (реакция на спад тока).

На рисунке 1 даны временные диаграммы работы реле в режиме “без сохранения” для функции OVER (рисунок 1а) и функции UNDER (рисунок 1б). На рисунке 2 даны временные диаграммы в режиме “с сохранением” для функции OVER (рисунок 2а) и функции UNDER (рисунок 2б).

Реле имеет один ползунковый переключатель для выбора режима “без сохранения/ с сохранением” и один ползунковый переключатель для выбора функции UNDER/OVER.

Кроме того, на рисунках 1 и 2 приняты такие обозначения:

- 1 - пороговое значение тока (тока уставки; устанавливается от 10 до 100 % в выбранном диапазоне);
- 2 - гистерезис (устанавливается от 5 до 50% от заданного порогового значения);
- 3 - контролируемый (фактический, измеряемый) ток;
- 4 - выходное реле в функции OVER;
- 5 - выходное реле в функции UNDER;
- 6 - интервал времени режима “сохранение”;

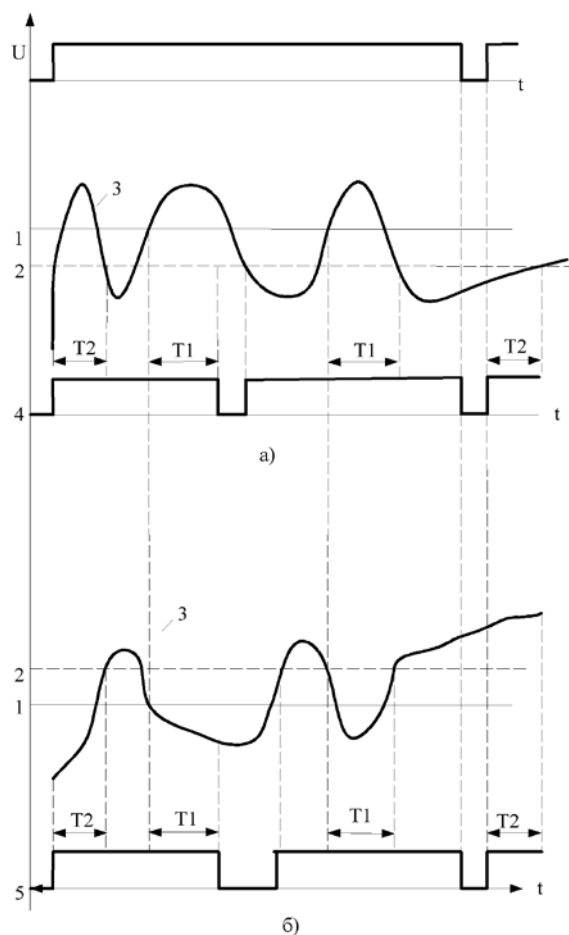


Рисунок 1. Временные диаграммы

U - напряжение питания реле (переменное напряжение 24, 120, 220В или постоянное напряжение 24В в зависимости от номера заказа реле).

На рисунках 1 и 2 отрезок времени T2 - это выдержка времени (1-20 с) для пропуска изменения пускового тока ПП при подаче напряжения сети как в функции OVER, так и функции UNDER. Кроме того, T2 - это задаваемое время игнорирования тока включения при пуске двигателя.

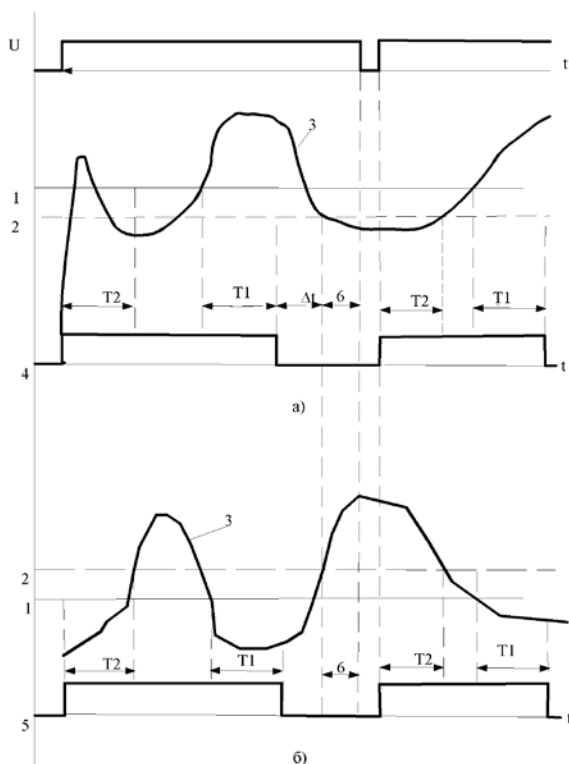


Рисунок 2. Временные диаграммы

Отметим, что в функции OVER пусковой ток должен снизиться до уставки 2 за время не более T_2 . В функции UNDER пусковой ток должен возрасти до уставки 2 за время не более T_2 .

Но далее в ходе работы, когда значение контролируемого тока достигнет установленного порогового значения, выходное реле изменяет положение контактов через заданное время T_1 .

Легко регулируемое время T_1 предотвращает мешающее длительное срабатывание или отпущение реле, если измеряемый ток находится вблизи порогового значения. Время T_2 больше времени T_1 (0,1-3 с). Когда в режиме “без сохранения” (рисунок 1) после срабатывания выходного реле ток двигателя возвращается к установленному значению гистерезиса, реле контроля опять возвращается в исходное (рабочее) положение.

Когда в режиме “с сохранением” (рисунок 2) после срабатывания выходного реле ток двигателя возвращается к установленному значению гистерезиса, то реле контроля остаётся в сохранённом состоянии (запоминает срабатывание). Для введения реле опять в рабочее положение (исходное) надо снять и подать напряжение питания U (рисунок 2).

Рассмотрим для примера подробнее ситуацию для режима “без сохранения”

в функции OVER (см. рисунок 1а). При пуске двигателя пусковой ток резко растёт, потом падает. Выдержка времени T_2 должна быть не меньше длительности времени от момента пуска до момента спада пускового тока до уставки 2 (см. дополнительно для сравнения рисунок 2а). Поэтому на рисунках 1а и 2а через время T_2 положение выходных контактов не изменилось. На рисунке 1а при достижении током порогового значения 1 через интервал T_1 реле срабатывает и его контакты переключаются. Второй отрезок времени T_1 на рисунке 1а говорит о том, что реле не сработает, если в диапазоне отрезка T_1 ток двигателя стал больше уставки 1, но успел снизиться до уставки 2 (уставки гистерезиса).

Уставка гистерезиса (значение 2 на диаграммах) позволяет конкретизировать работу реле из-за традиционной разницы в пределах при срабатывании и отпадании реле.

Кроме этого, реле имеет световую индикацию состояния реле и мигает в ходе выдержек T_1 и T_2 . Реле имеет световую индикацию о приложенном расчётном напряжении питания реле.

Всё это делает реле удобным для построения схем защиты:

- при затяжном пуске электродвигателей;
- при перегрузке электродвигателей;
- при холостом ходе (для экономии электрической энергии за счёт автоматического отключения транспортера при традиционных запаздывающих действиях оператора);
- от обрыва или заклинивания транспортера из-за его поломки.

Один из предлагаемых вариантов схемы с использованием реле 3UG3522 и реле контроля фаз KV дан на рисунке 3. В схеме приняты обозначения: QF- автоматический выключатель; SB1-SB4- кнопочные станции; KM1-KM4- пускатели; KK1-KK3 - тепловые реле; M1-двигатель триммера; M2- двигатель загрузочного транспортера; M3-двигатель самохода; А- реле 3UG3522; А1, А2-клеммы питания реле; 11,12,14- выводные концы выходных контактов реле 3UG35 21/22; IN1, IN2, IN3-выводные клеммы токовых диапазонов реле; KV- реле обрыва фаз.

Например, у реле 3UG3522 токовые диапазоны такие: (0,1-1)А, (0,5-5)А и (1-10)А.

Отметим, что на рисунке 3 реле осуществляет контроль тока по одной из трёх фаз двигателя M3.

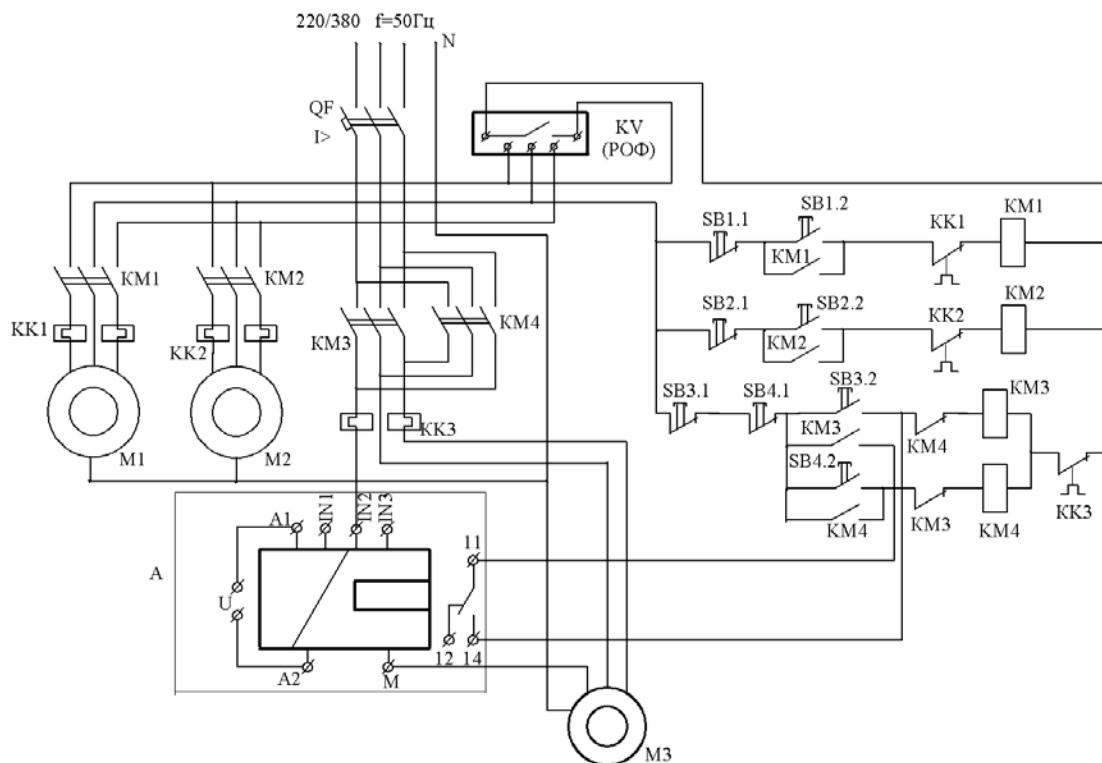


Рисунок 3. Предлагаемая схема

Рассмотрим работу схемы на рисунке 3. При включенном автомате QF и нажатии кнопки SB3.2 включается пускатель KM3, после чего включается двигатель M3 для движения вперед и пусть подается нужная величина напряжения на питающие клеммы A1 и A2 (при постоянном питающем напряжении 24В на клемму A1 надо подать “плюс”). Контакт 11-14 реле замыкается, создается цепь самоподпитки катушки KM3 при отжатой кнопке SB3.2. При возникновении одной из названных выше аварийных ситуаций реле срабатывает и контакт 11-14 отключает пускатель. Двигатель самохода отключается.

Возможны и другие варианты построения схем с использованием этого реле.

Реле удобно также тем, что в одной и той же схеме удобным переключателем оно быстро переключается из функции OVER (функция максимальной токовой защиты) в функцию UNDER (функция минимальной то-

ковой защиты), что важно, например, при защите от ненужной работы в режиме холостого хода не только двигателя самохода, но и двух других двигателей.

Наличие нескольких функций в одном реле значительно упрощает схемы. Возможность автоматического отключения двигателя самохода для исключения его ненужной работы в разгруженном от зерна состоянии (в режиме холостого хода) позволяет экономить электрическую энергию, уменьшает износ трущихся деталей, уменьшает время нахождения электропривода под напряжением, что также важно, например, с точки зрения безопасности эксплуатации установки.

Добавленное в схему реле обрыва фаз KV(РОФ), например типа ЕЛ-12, надежно защищает три двигателя при обрыве одной из питающих фаз, неправильном порядке чередования фаз, снижении напряжения в сети ниже нормы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Москаленко В.В. Электрический привод. М.: Академия, 2011. 368 с.
- 2 Кацман М.М. Электрический привод. М.: Академия, 2011. 384 с.
- 3 Рекламный диск фирмы SIEMENS по выпускаемым реле для электроприводов [Электронный ресурс]. 2011.

4 Мазуха Н.А. Защита электродвигателей зернометателя // Сельский механизатор. 2013. №2. С. 30-31.

5 Мазуха Н.А. Схема управления насосом при контроле одного уровня воды в башне и использовании многофункционального реле // Современные тенденции развития технологий и технических средств для АПК: Матер. конф. проф-препод. состава, научных сотруд-

ников и аспирантов по актуальным проблемам АПК в области механизации, электрификации с/х и переработки с/х продукции. 31 марта – 7 апреля 2014 г.- Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ. 2014. С. 42 - 46.

REFERENCES

- 1 Moskalenko V.V. Elektricheskii privod [Electrical drive]. Moscow, Akademiya, 2011. 368 p. (In Russ.).
2. Katsman M.M. Elektricheskii privod [Electrical drive]. Moscow, Akademiya, 2011. 384 p. (In Russ.).
- 3 Reklamnyi disk firmy SIEMENS po vypuskaemym rele dlya elektroprivodov [An advertising disk of SIEMENS firm on the released relays for electric drives]. 2011. (In Russ.)
- 4 Mazukha N. A. Protection of electric grain thrower. *Sel'skii mekhanizator*. [Rural machine operator], 2013, no. 2, pp. 30-31. (In Russ.)
- 5 Mazukha N. A. The scheme of control of the pump at control of one water level in a tower and use of the multipurpose relay. *Sovremennye tendentsii razvitiya tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv dlya APK* [Current trends in technology and equipment for agriculture: proc. conf. professor-lecturer staff, researchers and graduate students on current issues in the field of agribusiness mechanization, electrification and processing agricultural products]. Voronezh, FGBOU VO Voronezhskii GAU, 2014, pp. 42 - 46. (In Russ.)

УДК 532

Старший преподаватель А.С. Сидоренко,

(Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил «Военная воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина») кафедра общепрофессиональных дисциплин.
тел. 8(904)210-17-90
E-mail: sas1.vrn@mail.ru

доцент А.И. Потапов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств
тел. 8(906)586-75-97
E-mail: a.i.potapov@rambler.ru

Senior lecturer A.S. Sidorenko,

(Russian Air Force Military Educational and Scientific Center "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin") Department of All-Professional Disciplines. phone 8(904)210-17-90
E-mail: sas1.vrn@mail.ru

associate professor A.I. Potapov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of food production machines.
phone 8(906)586-75-97
E-mail: a.i.potapov@rambler.ru

Математическая модель неизотермического течения высоковязких сред в каналах матрицы экструдера

Mathematical model non-isothermal flow highly viscous media channels matrix extruder

Реферат. Рассматривается одномерное установившееся течение высоковязкой среды в цилиндрическом канале с учетом диссипации и зависимости коэффициента вязкости от температуры. Предположено, что на сравнительно малых интервалах температуры изменение коэффициента динамической вязкости с достаточной степенью точности можно принять линейным. В основу модели были положены уравнения гидродинамики жидкости и теплопереноса. В поставленной задаче температура стенки канала принимается постоянной. Получено приближенное решение рассматриваемой задачи, в соответствии с которым распределение скорости, давления и температуры ищется в виде разложения по степеням безразмерной поперечной координаты. Рассмотрен частный случай, когда в соотношениях распределение скорости, давления и температуры допустимо ограничиться следующим числом членов разложения: для скорости – первые 3, для давления – первые 2, для температуры – первые 5. Получены выражения для определения профиля температуры среды в канале и определения характеристик диссипативного разогрева. Для моделирования процесса теплопереноса высоковязких сред разработана программа для персональных электронно-вычислительных машин. Расчет проведен по экспериментальным данным исследования течения расплава зерновой смеси гречихи и сои для скорости нагрузки 0,08 мм/с. Методом машинного эксперимента осуществлена проверка полученных решений на адекватность реальному процессу теплопереноса. Анализ результатов указывает, что при малых значениях длины канала влияние диссипативной функции проявляется главным образом у стенки. При увеличении приведенной длины это явление распространяется на все сечение канала. При большой длине канала профиль температур целиком определяется диссипацией. В случае теплообмена, обусловленного только теплотой трения, форма кривых распределения температур является следствием взаимодействия эффектов нагрева за счет вязкого сдвига с эффектами охлаждения за счет теплопроводности. Отклонение расчетных данных от экспериментальных по абсолютному значению не превышало 12 %.

Summary. We consider a one-dimensional steady flow of highly viscous medium in a cylindrical channel with Dissipation and dependence of the viscosity on the temperature. It is assumed that a relatively small intervals of temperature variation of the dynamic viscosity with a sufficient degree of accuracy can be assumed to be linear. The model was based on the equations of hydrodynamics and the heat transfer fluid. In the task channel wall temperature is assumed constant. An approximate solution of the problem, according to which the distribution of velocity, pressure and temperature is sought in the form of an expansion in powers of the dimensionless transverse coordinates. A special case, when the ratio of the velocity distribution, pressure and temperature is allowed to restrict the number of terms in the expansion as follows: for speed - the first 3 to the pressure - the first two for the temperature - the first 5. The expressions to determine the temperature profile of the medium in the channel and characterization dissipative heating. To simulate the process of heat transfer highly viscous media developed a program for personal electronic computers. The calculation was performed using experimental research data melt flow grain mixture of buckwheat and soybeans for the load speed of 0.08 mm / s. The method of computer simulation carried out checks on the adequacy of the solutions to the real process of heat transfer. Analysis of the results indicates that for small values of the length of the channel influence dissipation function appears mainly at the wall. By increasing the reduced length of this phenomenon applies to all section of the channel. At high temperature profile along the channel length is determined entirely by dissipation. In the case of heat transfer due to frictional heat only, the form of curves of temperature distribution is a consequence of the interaction effects of heating due to viscous shear effects cooling by conduction. The deviation from the experimental data calculated by the absolute value does not exceed 12%.

Ключевые слова: математическое моделирование, неизотермическое течение, конвективный теплоперенос

Keywords: mathematical modeling, isothermal flow, convective heat transfer

© Сидоренко А.С., Потапов А.И., 2015

Несмотря на то, что теоретическому исследованию неизоэтермического течения высоковязких сред с учетом диссипации энергии посвящен ряд работ, однако до настоящего времени эти вопросы изучены явно недостаточно. Осложняющими факторами моделирования подобных процессов является зависимость физико-механических свойств расплавов экструдата от температуры. В обычных условиях наиболее сильно изменяется с температурой коэффициент динамической вязкости. Поэтому ограничиваемся учетом изменения одной лишь вязкости, полагая остальные физические свойства постоянными [1-4].

Рассмотрим одномерное плоское установившееся течение высоковязкой жидкости в цилиндрическом канале. Канал имеет длину L и радиус R .

Введем цилиндрическую систему координат. Начало отсчета продольной оси z системы совместим с входным сечением канала.

Рассмотрим движение жидкости за счет разности давлений на входе P_0 и на выходе из канала P_L .

В поставленной задаче температура стенки канала принимается постоянной и равной T_w .

Одномерное течение и теплоперенос высоковязких сред с учетом общепринятых допущений описывается системой уравнений неразрывности, гидродинамики и конвективного теплопереноса с учетом диссипации механической энергии, которые могут быть записаны в цилиндрической системе координат следующим образом:

$$\frac{\partial U}{\partial z} = 0; \quad \frac{\partial \mu(T)}{\partial z} \frac{\partial U}{\partial r} - \frac{\partial P}{\partial r} = 0; \\ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(\mu(T) r \frac{\partial U}{\partial r} \right) - \frac{\partial P}{\partial z} = 0; \quad (1)$$

$$\rho c U \frac{\partial T}{\partial z} = \lambda \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \mu(T) \left(\frac{\partial U}{\partial r} \right)^2$$

Запишем граничные условия:

$$\left. \frac{\partial U}{\partial r} \right|_{r=0} = 0; \quad \left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{r=0} = 0; \\ U|_{r=R} = 0; \quad T|_{r=R} = T_w; \\ T(r)|_{z=0} = \sum_{j=0}^J T_{\text{вх},j} r^j; \\ P|_{z=L} = P_L, \quad (2)$$

где ρ – плотность среды; r, z – цилиндрические координаты; P – давление среды в канале; U – скорости частиц среды; c – удельная теплоемкость среды в канале; λ – коэффициент теплопроводности среды; $\mu(T)$ – коэффициент динамической вязкости, зависящий от температуры; $T_{\text{вх},j}$ – заданные коэффициенты в представлении профиля температуры во входном сечении канала, определяемые из дополнительных условий (принятый здесь вид граничного условия для температуры при z равно нулю, как это будет следовать из дальнейшего рассмотрения обуславливается видом предполагаемого приближенного решения для температуры в канале); J – степень полинома, используемого для аппроксимации начального профиля температуры на входе в канал.

В настоящее время известно много форм представления коэффициента динамической вязкости в зависимости от температуры. Для простоты дальнейшего рассмотрения будем предполагать, что на сравнительно малых интервалах температуры изменение коэффициента динамической вязкости с достаточной степенью точности можно принять линейным. Это позволяет зависимость $\mu(T)$ аппроксимировать соотношением вида:

$$\mu(T) = \mu_0 + \mu_1 (T_{\text{хар}} - T), \quad (3)$$

где μ_0, μ_1 – эмпирические коэффициенты, определяемые экспериментально для каждой жидкости в отдельности; $T_{\text{хар}}$ – некоторая характерная температура процесса.

Для перехода к безразмерному виду введем следующие переменные, параметры, функции и критерии:

$$r' = \frac{r}{R}; \quad D = \frac{2R}{L}; \quad z' = \frac{z}{L}; \quad Eu = \frac{P_0 - P_L}{\rho V_m^2}; \\ T'_{\text{вх},j} = \frac{T_{\text{вх},j} - T_{\text{вх},0}}{T_{\text{крит}} - T_{\text{вх},0}}; \quad T' = \frac{T - T_{\text{вх},0}}{T_{\text{крит}} - T_{\text{вх},0}}; \\ T'_{\text{хар}} = \frac{T_{\text{хар}} - T_{\text{вх},0}}{T_{\text{крит}} - T_{\text{вх},0}}; \quad T'_w = \frac{T_w - T_{\text{вх},0}}{T_{\text{крит}} - T_{\text{вх},0}}; \quad (4) \\ p' = \frac{P - P_L}{P_0 - P_L}; \quad U' = \frac{U}{V_m}; \quad Q' = \frac{Q}{\pi R^2 V_m}; \\ Vis = \frac{\mu_1 (T_{\text{крит}} - T_{\text{вх},0})}{\mu_0}; \quad Pr = \frac{\mu c}{\lambda};$$

$$Re = \frac{2\rho V_m R}{\mu}; Ec = \frac{V_m^2}{c(T_{крит} - T_{вх,0})};$$

где r' – текущий радиус канала; D – вспомогательный геометрический параметр, характеризующий отношение гидравлического диаметра канала к его длине; z' – безразмерная продольная координата; $T', T'_{хар}, T'_w$ – значения температуры; $T'_{крит}$ – безразмерное значение критической температуры; P' – давление среды в канале; U' – скорость среды; Q – расход среды через канал; Vis – параметр характеризующий отношение характерной вязкости к величине масштабной вязкости; Pr, Re, Ec, Eu – критерии Прандтля, Рейнольдса, Эккерта, Эйлера, соответственно.

Здесь и далее верхние штрихи указывают на безразмерную форму записи соответствующих величин.

Заметим, что в качестве $T'_{крит}$ принимается такая температура, при достижении которой в рассматриваемом процессе возникают факторы, которые ставят вопрос о правомерности использования этой математической модели. Например, при экструзии теста его разогрев до некоторой определенной температуры приводит к денатурации белка. В других процессах в качестве $T'_{крит}$ может быть принята, например, температура фазового перехода.

С учетом (4) основные уравнения (1) могут быть записаны в следующей форме

$$\begin{aligned} \frac{\partial U'}{\partial z'} &= 0; \\ -\frac{\partial P'}{\partial r'} + \frac{D}{Eu Re} \frac{\partial U'}{\partial r'} \frac{\partial}{\partial z'} \left(1 + Vis(T'_{хар} - T') \right) &= 0; \\ \frac{Eu Re D}{4} \frac{\partial P'}{\partial z'} &= \\ &= \frac{1}{r'} \frac{\partial}{\partial r'} \left[\left(1 + Vis(T'_{хар} - T') \right) r' \frac{\partial U'}{\partial r'} \right]; \\ \frac{Pr Re}{D} U' \frac{\partial T'}{\partial z'} &= \frac{4}{D^2} \frac{1}{r'} \frac{\partial}{\partial r'} \left(r' \frac{\partial T'}{\partial r'} \right) + \\ &+ \frac{4Ec Pr}{D^2} \left[1 + Vis(T'_{хар} - T') \right] \left(\frac{\partial U'}{\partial r'} \right)^2. \end{aligned} \quad (5)$$

С учетом (4) граничные условия (2) принимают вид:

$$\begin{aligned} \left. \frac{\partial U'}{\partial r'} \right|_{r'=0} &= 0; & \left. \frac{\partial T'}{\partial r'} \right|_{r'=0} &= 0; \\ U' \Big|_{r'=0} &= 0; & T' \Big|_{r'=0} &= T'_w; \\ T' \Big|_{z=0} &= \sum_{j=0}^J T'_{вх,j} r'^j; \\ P' \Big|_{z=1} &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

В общем случае точное решение системы уравнений (5) с граничными условиями (6) представляется затруднительным. В этой связи рассмотрим подход к построению приближенного решения рассматриваемой задачи, в соответствии с которым распределение скорости, давления и температуры будем искать в виде разложения по степеням безразмерной поперечной координаты r' :

$$U'(r') = \sum_{j=0}^{\infty} U'_j(r')^j; \quad (7)$$

$$P'(r', z') = \sum_{j=0}^{\infty} P'_j(z') (r')^j; \quad (8)$$

$$T'(r', z') = \sum_{j=0}^{\infty} T'_j(z') (r')^j. \quad (9)$$

Подставляя (7) – (9) в (5), приходим после соответствующих преобразований к системе обыкновенных дифференциальных уравнений относительно коэффициентов разложения $P'_j(z')$, $T'_j(z')$, как, функций продольной координаты z' , и постоянных коэффициентов U'_j , $j = 0, 1, \dots$.

Рассмотрим наиболее простой частный случай, когда в соотношениях (7) – (9) допустимо ограничиться следующим числом членов разложения:

- для скорости – первыми тремя;
- для давления – первыми двумя;
- для температуры – первыми пятью.

В рамках рассматриваемого приближения с учетом допущения о параболическом профиле скорости коэффициенты разложения в (7) определяются из выражений:

$$U'_0 = \frac{Q'}{2}; \quad U'_1 = 0; \quad U'_2 = -U'_0. \quad (10)$$

В итоге после соответствующих преобразований приходим к следующей системе обыкновенных дифференциальных уравнений относительно T'_0 , T'_1 , T'_2 , T'_3 , T'_4 , P'_0 и P'_1 как функций продольной координаты:

$$\left(1 + \text{Vis}(T'_{\text{хар}} - T'_0)\right)U'_2 = \frac{\text{Eu Re D}}{16} \frac{\partial P'_0}{\partial z'}; \quad \text{Pr Re D} U'_0 \frac{\partial T'_0}{\partial z'} = 16 T'_2; \quad (11)$$

$$\text{Pr Re D} \left(U'_0 \frac{\partial T'_2}{\partial z'} + U'_2 \frac{\partial T'_0}{\partial z'} \right) = 64 \left[T'_4 + \text{Ec Pr} \left(1 + \text{Vis} T'_{\text{хар}} \right) (U'_2)^2 \right];$$

$$P'_1 = 0; T'_1 = 0; T'_0 + T'_2 + T'_4 = T'_w.$$

При формировании (11) с целью получения замкнутой системы уравнений были приняты во внимание уравнения, вытекающими из граничных условий для температуры по поперечной координате.

После некоторых преобразований система уравнений (11) сводится к одному дифференциальному уравнению относительно распределения давления в канале:

$$B_0 \frac{d^3 P'_0}{d(z')^3} + B_1 \frac{d^2 P'_0}{d(z')^2} + B_2 \frac{dP'_0}{dz'} = B_3, \quad (12)$$

здесь для краткости записи приняты обозначения:

$$B_0 = \frac{\text{Pr}^2 \text{Re}^3 D^3 \text{Eu}}{16^2 \text{Vis}} U'_0; B_1 = \frac{3 \text{Pr Eu Re}^2 D^2}{16 \text{Vis}};$$

$$B_2 = 64 \text{Eu Re D} \left(\frac{4}{\text{Vis} U'_0} + \text{Ec Pr} U'_0 \right);$$

$$B_3 = 64 \left(T'_w - T'_{\text{хар}} - \frac{1}{\text{Vis}} \right).$$

Принимая во внимание функциональные связи между коэффициентами разложения для давления и температуры, вытекающие из (11), граничные условия для уравнения (12) с учетом (6) записываются в виде уравнения (13).

После нахождения распределения давления вдоль оси продольного канала, температурное поле определяли из (9) с учетом уравнений (11).

$$\left. \frac{\partial P'_0}{\partial z'} \right|_{z'=0} = \frac{16 U'_2}{\text{Eu Re D}} \left(1 + \text{Vis}(T'_{\text{хар}} - T'_{\text{вх},0}) \right); \quad \left. \frac{d^2 P'_0}{d(z')^2} \right|_{z'=0} = 0; P'_0|_{z'=1} = 0 \quad (13)$$

Получено аналитическое решение уравнения (12):

$$P'_0 = \left[C_1 \cos\left(\frac{Az'}{2}\right) + C_2 \sin\left(\frac{Az'}{2}\right) \right] \times e^{-\frac{B_2}{2B_3} z'} + C_3 + \frac{B_0}{B_1} z', \quad (14)$$

где для краткости записи приняты обозначения:

$$C_1 = -\frac{4 \left(\left. \frac{\partial P'_0}{\partial z'} \right|_{z'=0} - \frac{B_0}{B_1} \right) \frac{B_2}{B_3}}{A^2 + (B_2/B_3)^2};$$

$$C_2 = \frac{2}{A} \left(\left. \frac{\partial P'_0}{\partial z'} \right|_{z'=0} - \frac{B_0}{B_1} + \frac{B_2}{2B_3} C_1 \right);$$

$$C_3 = -e^{-\frac{B_2}{2B_3}} \left[C_1 \cos\left(\frac{A}{2}\right) + C_2 \sin\left(\frac{A}{2}\right) \right] - \frac{B_0}{B_1};$$

$$A = \sqrt{4B_1/B_3 - (B_2/B_3)^2}.$$

Средняя температура в канале описана уравнением:

$$T'_{\text{sr}}(z') = \frac{\int_0^1 r' T'(z', r') U'(r') dr'}{\int_0^1 r' U'(r') dr'}. \quad (15)$$

Для моделирования процесса теплопередачи высоковязких сред разработана программа на ПЭВМ. Расчет проведен по экспериментальным данным исследования течения расплава зерновой смеси гречихи и сои для скорости нагрузки 0,08 мм/с [5].

Исходные данные и результаты расчета приведены в таблице. На рисунке 1 приведено распределение температурного поля расплава смеси в зависимости от длины канала.

Из рисунка 1 видно, что при малых значениях z влияние диссипативной функции проявляется главным образом у стенки. При увеличении приведенной длины это явление распространяется на все сечение канала. При большом z профиль температур целиком определяется диссипацией. В случае теплообмена, обусловленного только теплотой трения, форма кривых распределения температур является следствием взаимодействия эффектов нагрева за счет вязкого сдвига с эффектами охлаждения за счет теплопроводности.

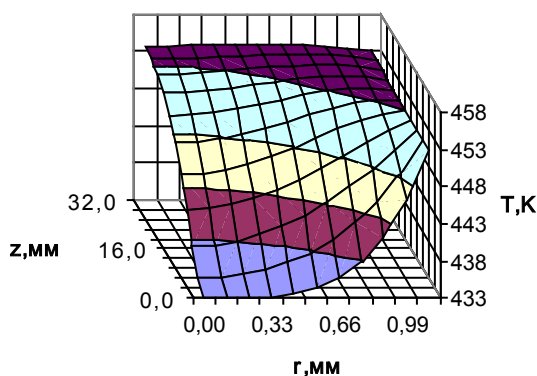


Рисунок 1. Распределение температурного поля расплава смеси зерна гречихи и сои

Методом машинного эксперимента осуществлена проверка полученных решений на адекватность реальному процессу теплопереноса. Отклонение расчетных данных от экспериментальных по абсолютному значению не превышало 12 % (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Исходные данные и результаты расчета

Параметр	Значение
Радиус канала, м	0,0011
Длина канала, м	0,0320
Температура на входе в канал, К	433
Температура стенки канала, К	453
Характерная температура, К	443
Критическая температура, К	459
Скорость потока в канале, м/с	$0,8 \cdot 10^{-4}$
Избыточное давление на выходе, кПа	31,00
Эмпирический коэффициент μ_0 , кПа·с	11,1
Эмпирический коэффициент μ_1 , кПа·с	0,240
Теплопроводность расплава, Вт/(м·К)	0,220
Удельная теплоемкость расплава, Дж/(кг·К)	1600
Плотность расплава, кг/м ³	1200
Расход среды через канал, кг/м ³	$1,157 \cdot 10^{-8}$
Число Vis	0,562
Число Прандтля	$8,073 \cdot 10^7$
Число Рейнольдса	$1,189 \cdot 10^{-5}$
Число Эккерта	$6,01 \cdot 10^{-8}$
Число Эйлера	$1,167 \cdot 10^4$

Выводы:

1. Выявлен характер изменения поля температур высоковязких сред в различных сечениях цилиндрического канала.

2. Полученная модель позволяет с достаточной точностью ($\pm 12\%$) рассчитать не только значения температур высоковязких сред в цилиндрическом канале, но и провести анализ влияния основных параметров системы на характеристики диссипативного разогрева материала.

ЛИТЕРАТУРА

1 Василенко В.Н., Остриков А.Н., Рязских В.И. Математическая модель течения двух вязкопластичных сред в формующем канале экструдера при коэкструзии // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. № 2. С. 64-67.

2 Остриков А.Н., Татаренков Е.А., Попов А.С., Василенко В.Н. Моделирование течения расплава биополимера в динамической матрице экструдера // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 8. С. 66-69.

3 Остриков А.Н. Математическое моделирование течения аномально-вязких сред в каналах экструдеров. Воронеж: Изд-во ВГУ, 2010. 237 с.

4 Комов А.А., Потапов А.И., Тарарыкова И.В., Шахов С.В. Математическое описание процесса микрофльтрации суспензии в трубчатом канале // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-1. С. 164-165

5 Кретов И.Т., Попов Е.С., Потапов А.И., Попов Д.С. Математическое моделирование процесса микрофльтрации // В книге: Материалы LI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2012 г. 2012. С. 42.

REFERENCES

1 Vasilenko V.N., Ostrikov A.N., Ryzhskikh V.I. A mathematical model of the flow of two viscoplastic media in the form of a channel-le extruder at coextrusion. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET], 2012, no. 2, pp 64-67. (In Russ.).

2 Ostrikov A.N., Tatarnikov E.A., Popov A.S., Vasilenko V.N. Modeling of biopolymer melt extruder in the dynamic matrix. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural-hozsyrya], 2011, no. 8, pp. 66-69 (In Russ.).

3 Ostrikov A.N. Matematicheskoe modelirovanie techeniya anomal'no-vyazkikh sred [Mathematical modeling of abnormally viscous media channels extruders]. Voronezh, VGU, 2010. 237 p. (In Russ.).

4 Komov A.A., Potapov A.I., Tararykova I.V., Shakhov S.V. The mathematical description of the process of suspension in a tubular micro channel. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. [Modern high technologies], 2014, no. 5-1, pp 164-165 (In Russ.).

5 Kretov I.T., Popov E.S., Potapov A.I., Popov D.S. Mathematical modeling of microfiltration. Materialy LI otchetnoi nauchnoi konferentsii prepodavatelei VGUIT. [In the book: Materials LI reporting conference of teachers and researchers VSUET for 2012]. 2012, pp. 42 (In Russ.).

Информационные технологии, моделирование и управление

УДК 621.867.229.6

Профессор И.А. Авцинов, профессор В.К. Битюков,
аспирант Д.Ю. Маликов
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем.
тел. (473) 255–38–75

доцент А.Л. Ивашин
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных технологий моделирования
и управления, тел. (473) 255–25–50
E-mail: levden9@mail.ru

Professor I.A. Avtsinov, professor V.K. Bityukov,
graduate D. Yu. Malikov
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information and control
systems. phone (473) 255–38–75
associate professor A.L. Ivashin
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information technolo-
gies of modeling and management. phone (473) 255–25–50
E-mail: levden9@mail.ru

Основы структурной типологизации конструирования устройств с газовой несущей прослойкой

Fundamentals of structural typology device design with a gas bearing layer

Реферат. Описаны характерные этапы структурной типологизации устройств, позволяющей их качественно конструировать в автоматическом режиме по известным параметрам изделий (деталей) и требуемой технологической операции с ними. На первом этапе были организованы классификации как штучных специфических изделий, так и устройств для манипулирования последними. Специфика изделий описывается их физико-механическими свойствами, геометрическими параметрами и областью их применения. Наиболее часто описанные специфические изделия используются в фармацевтической, парфюмерной, пищевой промышленности, микроэлектронике, радиотехнике, электронике. Основным элементом предлагаемых устройств является несущая рабочая поверхность, над которой создается газовая тонкая прослойка. В зависимости от расположения (горизонтальное или вертикальное) вида её движения (вращательное, вращательно – поступательное) или его неподвижности, а также конфигурации несущей рабочей поверхности реализуются различные технологические операции (ориентирование, позиционирование, формование, классификация, транспортировка, термообработка, контроль массы, сборка, выбраковка и другие). На втором этапе удалось математически описать взаимосвязь специфики штучных изделий с конструктивными особенностями несущей рабочей поверхности устройств и реализуемыми на них операциями. С этой целью был использован аппарат дискретной математики, с помощью которого можно произвести описание всех типов устройств, а затем производить вывод типа рабочей поверхности, удовлетворяющей заданным требованиям. Несомненным достоинством использования логики предикатов для данной задачи является достаточно простая реализация алгоритма структурной типологизации, которая может быть выражена с использованием декларативного языка программирования. По третьему этапу ведутся работы, необходимые для создания алгоритмической программы на языке «Prolog», и представлены структуры императивной и декларативной реализации алгоритма.

Summary. We describe the typical stages of a structural typology of devices allowing them to design quality in the automatic mode on the known parameters of products (parts) and the required processing operations with them. In the first stage classification it was organized as a piece of specific products and devices for the manipulation of the latter. Specifics items described their physical – mechanical properties, geometry and their application. The most frequently described specific products are used in pharmaceutical, perfume, food, microelectronics, electrical engineering, electronics. The main elements of the proposed device is a carrier working surface over which a thin layer of gas is created. Depending on the position (horizontal or vertical) of the form of its movement (rotation, rotational – translational) or is stationary, and the configuration of the carrier operating the surface implement various manufacturing operations (targeting, positioning, shaping, classification, transport, heat treatment, weight control, assembly, culling, and others). The second stage was to mathematically describe the relationship of the specificity of piece goods, with design features of devices supporting the work surface and sold them operations. For this purpose, the device has been used in discrete mathematics, with which you can produce a description of all types of devices, and then make a conclusion such as the work surface meets the specified requirements. The apparent advantage of using predicate logic to this problem is fairly simple implementation of the algorithm of structural typology, which can be expressed using a declarative programming language. In the third phase, work is underway to create the necessary algorithmic language program "Prolog" and presented the structure of the imperative and declarative implementation of the algorithm.

Ключевые слова: этапы структурной типологизации изделий, устройств; математическое описание систем; манипулирование, алгоритмы программирования.

Keywords: stages of structural typology of products, devices; mathematical description of systems; manipulation; algorithms of programming.

© Авцинов И.А., Битюков В.К.,
Маликов Д.Ю., Ивашин А.Л., 2015

Анализ штучных мелких специфических изделий [1] различных отраслей промышленности и конструкций устройств для их манипулирования [2] позволил организовать их классификации, соответственно (рисунки 1 и 2).

Данные классификаций представляют собой первый этап структурной типологизации конструирования устройств с газовой несущей прослойкой.

На втором этапе структурной типологизации удалось объединить (найти закономерности) характерную специфику описанных изделий с конструктивными особенностями устройств и реализуемыми на последних стадиях операциями. Основные результаты представлены ниже в табличном виде. Описанные в таблице 1 устройства защищены авторскими свидетельствами и патентами (таблица 2).



Рисунок 1. Классификационные признаки штучных специфических изделий

Буквенное обозначение:

D – диаметр (ширина) изделия

h – высота изделия

m – масса изделия

λ – удельная нагрузка изделия на газовую прослойку (критерий распознавания)

λ_2 – удельная нагрузка изделия, расположенной большей опорной поверхностью к газовой прослойке

S – площадь опорной поверхности

λ_1 – удельная нагрузка изделия, расположенной меньшей опорной поверхностью к газовой прослойке

Информационная система, позволяющая осуществлять выбор или проектирование оборудования, которое сможет с достаточной оптимальностью осуществлять манипулирование специфическими изделиями, нуждается в тезаурусе. Терминологический смысл и семантика языка системы должны полно отражать предметную область, связанные с описанием, как оборудования, так и специфики изделий. Наилучшим вариантом в данной ситуации является выбор универсального

описательного аппарата, который может быть однозначно и эффективно интерпретироваться и человеком (специалистом, лицом, принимающим решение) и машиной (исполнителем алгоритмов информационной системы). Таким языком может стать математический аппарат.

Задачу описания некоторой классификации может с успехом решаться посредством дискретной математики, конкретнее, например, аппаратами реляционной алгебры, логикой предикатов и теорией графов.

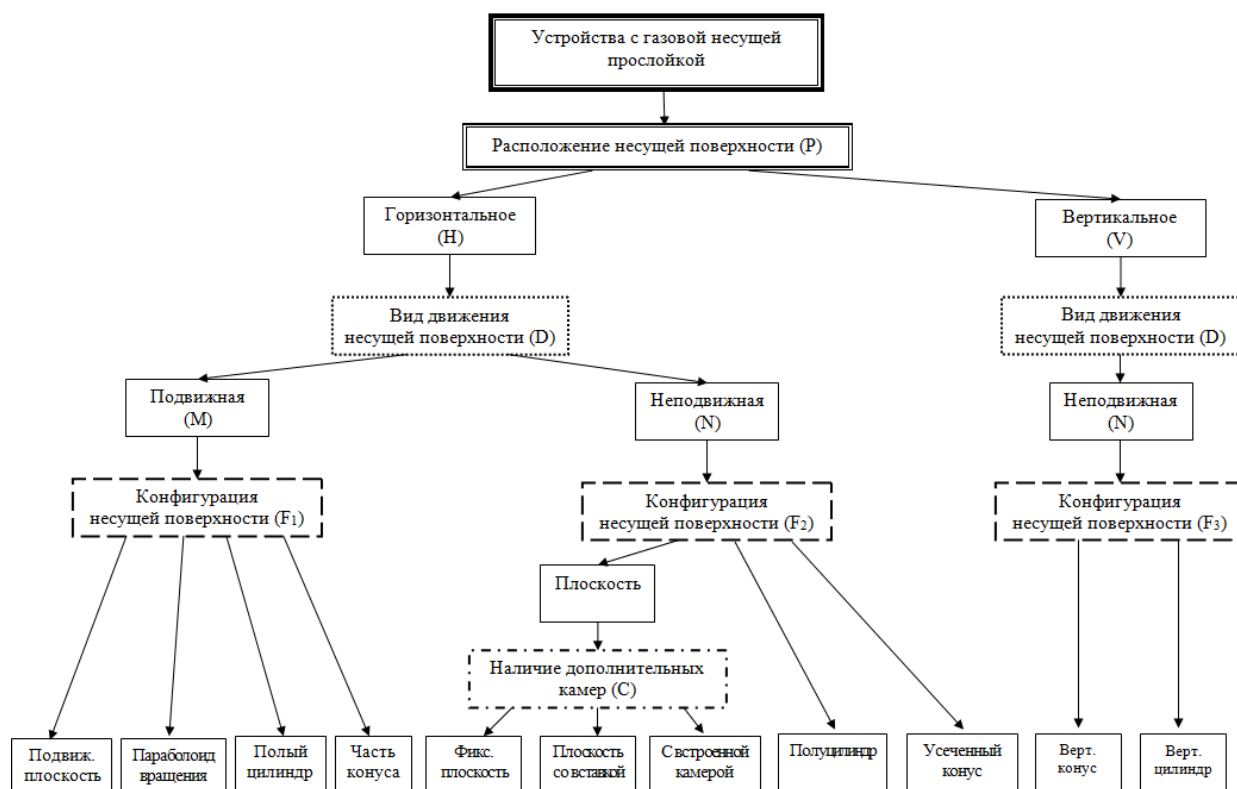


Рисунок 2. Классификационные признаки устройств с газовой несущей прослойкой

Первый из них достаточно многословен для описания иерархий, представленных, например, на рисунке 2, а язык описания графов хоть и хорошо подходит для данной задачи, но имеет неочевидный синтаксис текстового описания. В то время как база плоских правил может быть достаточно просто записана и изменена по необходимости. Поэтому наилучшим выбором, безусловно, является язык исчисления предикатов, так как он позволит не только создать базу необходимых существенных характеристик оборудования и изделий, но и сделать это достаточно просто, а также получить возможность осуществлять логические выводы. Адаптируем язык логики предикатов к решаемой задаче. Выберем наименование термов, которые будут описывать особенности изделия, например, для описания хрупкости выберем $F(\text{fragility})$, для описания чистоты обработки $P(\text{purity})$ и т. д. полное описание приведено в разделе обозначения кода изделия (таблица 1).

Использование логики предикатов требует наличия субъекта и предиката. Субъектом, в рамках предметной области, является то, о чем делается высказывание, а предикатом будет непосредственно смысл высказывания. Также необходимо задать множество истинностных

значений V , в рассматриваемом случае можно воспользоваться классическим множеством, состоящим из двух элементов: "нуль" и "единица" или "истина" и "ложь", но оставить потенциальную возможность его расширить. Также, выберем некоторое объектное множество D , которое может быть множеством оборудования, рабочих поверхностей или специфических изделий. В этой ситуации n -местным (n -арным) предикатом будет являться функция из V в D . Кроме того, используются следующие дополнительные символы: переменные, пропозициональные связки и кванторы всеобщности и существования. Перечисленное будет являться алфавитом языка, на котором могут быть записаны все необходимые конструкции языка.

Теперь предикат для описания особенностей рабочей поверхности или требований к специфике обработки изделий может быть записан:

$$\text{specialty}(D1, \text{hardness}, \text{purity}, \text{symmetry}) \quad (1)$$

Приведенную выше классификацию типовых систем манипуляции (таблица 1) можно описать линейно на основе теоретико-множественной нотации и в терминах предикатов (описание специализации). Терминология

(наименование предикатов их порядок и арность) сквозная, будет в дальнейшем использоваться для декларативного описания программной системы. Здесь используются следующие обозначения: множество всех расположений несущей поверхности P (H – горизонтальные и V –вертикальные), где:

$$P = H \cup V, H \cap V = \emptyset. \quad (2)$$

D – множество видов движения несущей поверхности, как горизонтального расположения, так и вертикального (M – подвижная, N – неподвижная), где:

$$D = M \cup N, M \cap N = \emptyset; \quad (3)$$

$S_n, n = \{1..9\}$, $F_m, m = \{1..3\}$ – непересекающиеся множества конфигураций несущей поверхности; C – множество устройств с дополнительной камерой.

Типы движений делятся на следующие множества:

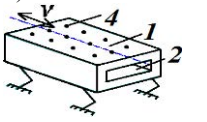
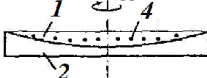
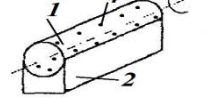
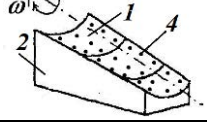
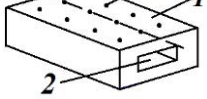
HP – горизонтальное поступательное;

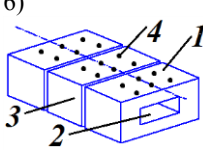
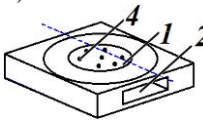
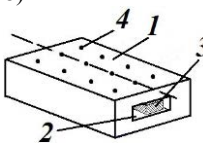
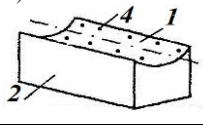
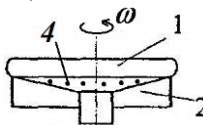
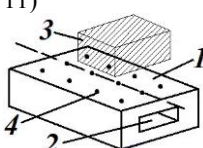
RV, RH – вращательные; O – колебательное;

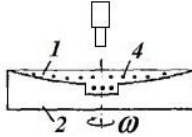
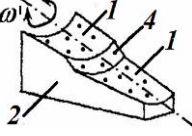
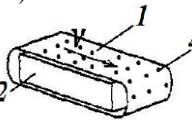
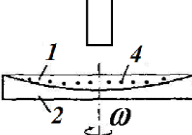
W – без перемещения.

Таблица 1

Анализ и элементы описания типовых систем манипулирования

Принципиальная схема устройств (код)	Описание класса	Форма и расположение РП (F) (P)	Движение РП (D)	Описание движения РП	Реализуемые операции	Описание специализации
1) 	$S_1 \cap M \cap H$	Подвижная плоскость горизонтальная	Горизонтальное поступательное	HP	$T \cap CM \cap HT$	specialty(D1, hardness, pharmaceuticals, symmetry). specialty(D1, fragility, pharmaceuticals, symmetry). specialty(D1, fragility, pharmaceuticals, asymmetry).
2) 	$S_2 \cap M \cap H$	Параболоид Вращения горизонтальный	Вращательное вокруг вертикальной оси	RV	$PO \cap SP \cap BP \cap L \cap HT \cap CM \cap SC$	specialty(D2, fragility, perfumery, symmetry). specialty(D2, hardness, pharmaceuticals, symmetry).
3) 	$S_3 \cap M \cap H$	Полый круговой цилиндр горизонтальный с наклоном	Вращательное вокруг горизонтальной наклонной оси	RH	$T \cap HT \cap SP \cap AO$	specialty(D3, hardness, pharmaceuticals, symmetry).
4) 	$S_4 \cap M \cap H$	Часть усеченного конуса горизонтального с наклоном	Колебательное вокруг горизонтальной наклонной оси	VII	$AO \cap HT \cap T$	specialty(D4, hardness, pharmaceuticals, symmetry).
5) 	$F_1 \cap C \cap N \cap H$	Жесткая плоскость горизонтальная	Без перемещения	W	$T \cap PO \cap HT \cap C \cap SP$	specialty(D5, fragility, pharmaceuticals, symmetry). specialty(D5, fragility, perfumery, symmetry). specialty(D5, stiffness, pharmaceuticals, symmetry). specialty(D5, hardness, pharmaceuticals, symmetry). specialty(D5, friction, pharmaceuticals, symmetry).

6) 	$F_2 \cap C \cap N \cap H$	Жесткая плоскость со вставкой горизонтальная	Без перемещения	W	$CM \cap FR \cap HT$	specialty(D6, hardness, pharmaceuticals, symmetry). specialty(D6, fragility, perfumery, symmetry).
7) 	$S_6 \cap M \cap H$	Усеченный конус горизонтальный	Без перемещения	W	$CM \cap DD \cap T \cap HT \cap BP$	specialty(D7, fragility, pharmaceuticals, asymmetry). specialty(D7, fragility, perfumery, symmetry). specialty(D7, stiffness, pharmaceuticals, asymmetry).
8) 	$F_2 \cap C \cap N \cap H$	Плоскость горизонтальная со вставкой в пневмокамере	Без перемещения	W	$CM \cap DD \cap T \cap HT$	specialty(D8, hardness, pharmaceuticals, symmetry). specialty(D8, fragility, pharmaceuticals, asymmetry). specialty(D8, fragility, food, symmetry). specialty(D8, stiffness, pharmaceuticals, asymmetry).
9) 	$S_5 \cap M \cap H$	Часть полого горизонтального кругового цилиндра	Без перемещения	W	$AO \cap HT \cap T$	specialty(D9, hardness, pharmaceuticals, symmetry).
10) 	$S_7 \cap M \cap H$	Усеченный конус горизонтальный с кольцевой поверхностью	Вращательное вокруг вертикальной оси	RV	$AO \cap HT \cap T \cap BP \cap L$	specialty(D10, friction, pharmaceuticals, symmetry).
11) 	$S_8 \cap M \cap H$	Плоскость горизонтальная со вставкой сверху	Без перемещения	W	$AS \cap HT \cap SC \cap CM$	specialty(D11, fragility, food, symmetry). specialty(D11, fragility, food, asymmetry). specialty(D11, fragility, radio, symmetry). specialty(D11, fragility, radio, asymmetry). specialty(D11, friction, food, symmetry). specialty(D11, friction, food, asymmetry). specialty(D11, friction, radio, symmetry). specialty(D11, friction, radio, asymmetry).

12) 	$S_4 \cap M \cap H$	Усеченный конус горизонтальный	Вращательное вокруг вертикальной оси	RV	$AC \cap HT \cap PO \cap BP$	specialty(D12, stiffness, radio, asymmetry).
13) 	$S_9 \cap M \cap H$	Часть усеченного конуса горизонтального с наклоном с цилиндрической вставкой	Колебательное вокруг горизонтальной наклонной оси	O	$PO \cap RE \cap SP \cap HT$	specialty(D13, hardness, pharmaceuticals, symmetry).
14) 	$F_1 \cap M \cap H$	Плоское ленточное полотно	Горизонтальное поступательное	HP	$PO \cap RE \cap HT \cap SP \cap CM \cap SC$	specialty(D14, fragility, food, asymmetry). specialty(D14, friction, food, asymmetry).
15) 	$F_2 \cap M \cap H$	Параболоид	Вращение вокруг вертикальной оси	RV	$T \cap BP \cap CM \cap HT \cap L$	specialty(D15, fragility, radio, symmetry). specialty(D15, fragility, radio, asymmetry).

Обозначения: 1 - РП (рабочая поверхность); 2 - Пневмокамера; 3 - Дополнительные камеры; 4 - Газоподводящее отверстие; v - Линейная скорость движения РП; ω - Угловая скорость движения РП; ω^1 - Колебательное движение РП; Множества для описания реализуемых операций: PO - пассивное ориентирование; AO - активное ориентирование; SC - контроль качества поверхности; L - загрузка основного оборудования;

BP - базирование, позиционирование; FR - формование; SP - сортировка, классификация; DD - обеспыливание; T - транспортировка; HT - термообработка; CM - контроль массы; DS - дозировка, AS - сборка, RE - выбраковка. Обозначения кода изделий: Ф. - Физико-механические свойства: fragility - Хрупкость, ломкость. friction - Фрикционность. stiffness - Прочность, жесткость. hardness - Твердость.

П. - Вид промышленности, поверхности: pharmaceuticals - Фармацевтические изделия. perfumery - Парфюмерная продукция. food - Пищевая штучная продукция. radio - Изделия микроэлектроники, радиотехники и т. д. Г. - Геометрические параметры. symmetry - Симметричность относительно вертикальной оси. asymmetry - Ассиметричность относительно вертикальной оси

Таблица 2
Авторские свидетельства и патенты устройств с газовой несущей прослойкой

Конфигурация несущей поверхности	Номер авторских свидетельств или патентов
Подвижная плоскость горизонтальная	971747, 1281912, 1426841
Параболоид вращения горизонтальный	1337226, 1511045, 1717309, 2056122, 2277006, 1400951, 2147942
Полый цилиндр горизонтальный с наклоном	1553471, 2130890, 2151728, 2130419, 2149714, 2151094, 2159916
Часть усеченного конуса горизонтальная	1348003
Жесткая плоскость горизонтальная	1366444, 1399138, 2183822, 2098270, 1345034, 1362695, 1456726, 1416402, 1399138, 1523363, 2087875, 2112223, 708679, 856945, 887372, 1017624, 1054240, 1409203, 1431941, 251762, 854838, 1324961, 2127423, 2183004, 2182769, 2184461, 2195835, 2209170, 2231267, 2264713
Плоскость с вставленной камерой горизонтальная	1448215, 1569572, 1560984, 1643946, 2098271, 2090845, 2087860, 1008623, 2091722, 2093797, 2093798, 1306727

Продолжение табл. 2

Плоскость с встроенной камерой горизонтальная	2099672, 634745, 745707, 1750599, 452342, 2268221, 2127057, 2127059, 621967
Полуцилиндр горизонтальный	798740, 928306, 978105, 978106, 2017198, 2017199, 2018903, 2018905, 2018908, 752117, 1248907, 2184452
Усеченный конус горизонтальный	2153209, 2094903, 1780428, 1769638, 1736268, 1618218, 1598770, 1558256, 2217841, 2278443, 2098888, 2131155, 2163408, 2168796, 2191674, 2193258, 2093921, 2158987, 2099816, 2099815, 2136077, 2157509, 2175283

Третий этап структурной типологизации заключается в создании алгоритмической программы, позволяющей в автоматическом режиме спроектировать основные элементы конструкций устройств, использующих в своей работе эффекты газовой несущей прослойки.

Блок-схема структуры данной программы представлена на (рисунке 4).

Таким образом, имея описание всех устройств, можно аналитически вывести тип рабочей поверхности, удовлетворяющей заданным требованиям. Вывод производится, исходя из трех составляющих:

- аксиом – предикаты, которые описывают рабочие поверхности;
- правила вывода – зафиксированный набор вспомогательных средств;
- формула, которую надо проверить – запрос, в котором указаны все требования к обработке изделия.

При выводе осуществляется перебор всех поверхностей с использованием правил вывода для выявления того подмножества, которое удовлетворяет заявленным требованиям. Множество реализуемых операций и характеристик изделия назовем списком требований или требованиями, тогда используя императивный подход, схема решения задачи примет вид, представленный на рисунке 3.

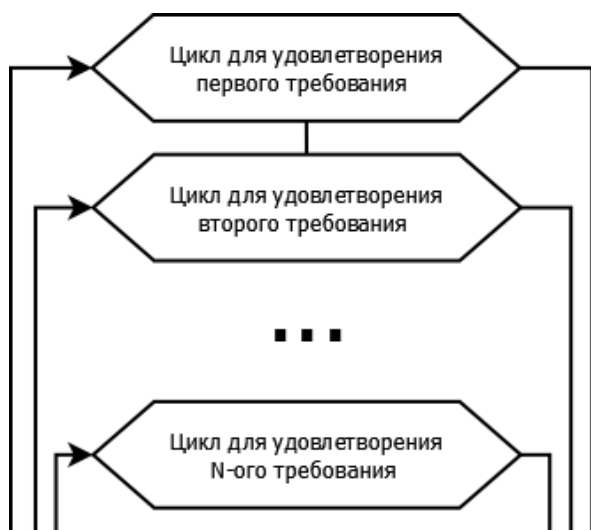


Рисунок 3 Структура императивной реализации алгоритма

В этом случае алгоритм, представляющий собой некоторое количество вложенных циклов по количеству требований, не является инвариантом по отношению к цели. Также стоит отметить, что в случае неудачного поиска невозможно произвести анализ с дальнейшей декомпозицией цели на группы требований. Подобные недостатки могут быть исключены при использовании декларативного подхода, в этом случае алгоритм поиска решения имеет вид, представленный на рисунке 4.

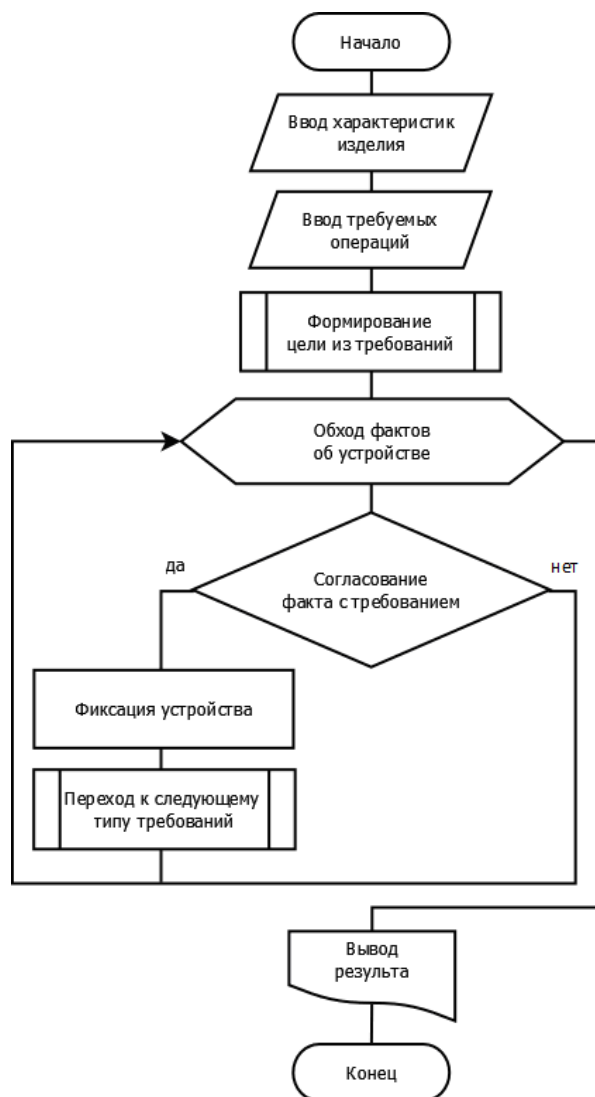


Рисунок 4. Декларативная реализация алгоритма

Программная реализация может быть осуществлена на языке Prolog, который является декларативным. Для того чтобы инициировать вычисления выполняется специальный запрос к базе знаний, на которые система логического программирования генерирует ответы «истина» и «ложь».

Для обобщённых запросов с переменными в качестве аргументов созданная система выводит конкретные данные в подтверждение истинности обобщённых сведений и правил вывода. Например, часть определенных в таблице операций для устройств с определённой схемой будут записаны на языке следующим образом:

```
predicates
    specialty(symbol, symbol, symbol)
clauses
    specialty(D1, fragility,pharmaceutics, asymmetry)
    specialty(D1, hardness,pharmaceutics, symmetry)
    specialty(D1, fragility,pharmaceutics, symmetry)
```

(4).

ЛИТЕРАТУРА

1 Авцинов И.А., Кристаль М.Г., Маликов Д.Ю. Классификация устройств с газовой несущей прослойкой // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 2. С. 9–11.

2 Авцинов И.А., Битюков В.К., Маликов Д.Ю. Анализ специфических изделий и конструкций устройств для их манипулирования // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4. С. 73–78.

3 Тишин В.В. Дискретная математика в примерах и задачах. учеб. литература для вузов. СПб.: БХВ – Петербург, 2008. 352 с.

4 Братко И. Алгоритмы искусственного интеллекта на языке Prolog. М.: Pearson, 2012. 696 с.

5 Андерсон Д.А. Дискретная математика и комбинаторика. М.: Вильямс, 2005. 960 с.

По мере расширения предметного множества, можно добавлять предикаты, описывающие новое оборудование или изделие, тем самым увеличивая базу данных.

Завершающий этап структурной типологизации включает теоретические изыскания по выбору обобщенных динамических характеристик предлагаемых устройств с целью реализации описанных операций в автоматическом режиме и достижения необходимой производительности оборудования, использующего в работе эффекты тонкой газовой несущей прослойки. Таким образом, авторами реализованы три первых этапа структурной типологизации и ведутся работы по завершению последнего этапа.

REFERENCES

1 Avtsinov I.A., Cristal' M.G., Malikov D. Yu. Classification of devices with gas carrying layer. *Sborka v mashinostroenii, priborostroenii*. [Assembly in mechanical engineering, instrument making], 2014, no. 2, pp 9–11. (In Russ.).

2 Avtsinov I.A., Bityukov V.K., Maliovk D.Yu. An analysis of the specific products and designs devices for their manipulation. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET], 2013, no. 4, pp. 73–78. (In Russ.).

3 Tishin V.V. Diskretnaya matematika v primerakh i zadachakh [Discrete mathematics in examples and problems]. Saint-Petersburg, BKhV – Petersburg, 2008. 352 p. (In Russ.).

4 Bratko I. Algoritmy iskustvennogo intellekta na yazyke Prolog [Algorithms of artificial intelligences in-language Prolog]. Moscow, Pearson, 2012. 696 p. (In Russ.).

5 Anderson D.A. Diskretnaya matematika i kombinatorika [Discrete mathematics and combinatorics]. Mosocow, Vil'yams, 2005. 960 p. (In Russ.).

УДК 621.791/629.7.048

Доцент М.А. Васечкин,

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технической механики. тел. (473)255-47-20

E-mail: vmax77@mail.ru

аспирант С.В. Егоров, профессор А.Б. Коломенский,

(Воронеж. гос. технич. ун-т) кафедра «Технологии сварочного производства и диагностики». тел. (473) 278-38-84

E-mail: otsp@vorstu.ru

профессор Е.Д. Чертов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технической механики. тел. (473)255-47-20

E-mail: vmax77@mail.ru

Assistant professor M.A. Vasechkin,

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technical mechanics. phone (473)255-47-20

E-mail: vmax77@mail.ru

graduate S.V. Egorov, professor A.B. Kolomenskii,

(Voronezh state technical university) Department of welding technology and diagnostics. phone (473) 278-38-84

E-mail: otsp@vorstu.ru

professor E.D. Chertov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technical mechanics. phone (473)255-47-20

E-mail: vmax77@mail.ru

Временное сопротивление разрыву сварных конструкций, изготовленных из отечественных и импортных материалов

Temporary tensile strength of welded structures made from domestic and foreign materials

Реферат. При сварке отечественных и импортных сплавов аргонодуговой сваркой в сварном шве образуется материал с неизученными свойствами, отсутствуют сведения о механических характеристиках таких сварных швов, их сплошности и однородности. Одним из наиболее важных критериев работоспособности любой конструкции является прочность как конструкции в целом, так и отдельных ее элементов. В качестве сравнительной характеристики, оценивающей прочность материалов, используют временное сопротивление разрыву, то есть напряжение, соответствующее наибольшему усилию, предшествующему разрыву образца при статических механических испытаниях. Испытания по определению временного сопротивления разрыву листовых сварных соединений проводили на универсальной испытательной машине Inspekt-50. В ходе проведенных исследований определено временное сопротивление разрыву сварных конструкций, полученных путем сплавления листового проката из материалов отечественного и импортного производства между собой. Временное сопротивление сварной конструкции определяется характеристиками наименее прочного материала из пары соединяемых, что соответствует выводам, полученным из аналитического обзора. При проведении испытаний отмечено, что разрушение всех образцов из сочетания разноименных материалов происходило по основному металлу наименее прочного из сочетания. Разрушений по сварному шву не зафиксировано. Полученные результаты могут использоваться при проектировании сварных конструкций, состоящих из деталей, изготовленных из отечественных и импортных материалов. Однако по одному временному сопротивлению разрыву нельзя судить о работоспособности сварных конструкций трубопроводов комплексной системы кондиционирования воздуха и противообледенительной системы самолетов. В дальнейшем следует провести испытания на малоцикловую усталость и оценить прочность сварных кольцевых стыков при действии статического и пульсирующего внутреннего давления.

Summary. When welding domestic and imported alloys with argonarc welding, unexplored material properties are formed in the weld, there is no information about the mechanical properties of welded joints, their continuity and uniformity. One of the most important criteria for working capacity of any construction is a strength of the whole structure and its individual elements. As a comparative characteristics that evaluates the strength of the materials we use tensile strength, that is, the tension corresponding to the greatest efforts preceding the rupture of the sample under static mechanical tests. Tests to identify the ultimate tensile strength of sheet welded joints were carried out on a universal testing machine Inspekt-50. In the course of studies there was defined tensile strength of welded constructions, obtained by fusing domestic and imported sheet hire materials. Tensile strength of the welded structure is determined by the characteristics of the least durable material in a pair of connected, which corresponds to conclusions made in the analytical review. When testing it was observed that the destruction of all samples made of combination of dissimilar materials occurred at the base of the weakest metal in the combination. The destruction of the weld was not fixed. The results obtained can be used in the design of welded constructions composed of parts made of domestic and imported materials. However, it is impossible to judge the working capacity of welded pipes of integrated air conditioning and anti-icing aircraft systems by tensile strength only. Subsequently, it is necessary to carry out tests on low-cycle fatigue and assess the strength of the welded ring joints under the action of static and pulsating internal pressure.

Ключевые слова: сварные соединения, временное сопротивление разрыву, титановые сплавы, коррозионно-стойкие стали.

keywords: welded joints, tensile strength, titanium alloys, corrosion-resistant steel.

© Васечкин М.А., Егоров С.В.,
Коломенский А.Б., Чертов Е.Д., 2015

В конструкцию трубопроводов комплексной системы кондиционирования воздуха (КСКВ) и противообледенительной системы (ПОС) самолета МС-21 заложены унифицированные элементы (сильфоны, переходники, облегченные фланцы), материалами для изготовления которых являются импортные титановые сплавы и коррозионно-стойкие стали. В то же время прямолинейные участки трубопроводных коммуникаций изготавливаются из отечественных титановых сплавов и сталей.

При сварке отечественных и импортных сплавов аргонодуговой сваркой в сварном шве образуется материал с неизученными свойствами, отсутствуют сведения о механических характеристиках таких сварных швов, их сплошности и однородности.

Известно, что при непосредственной сварке разнородных металлов возникают следующие затруднения [1]:

- при большом различии в температурах плавления соединяемых металлов, например, железа и серебра или вольфрама и молибдена, в момент достижения одним из металлов температуры плавления другой находится еще в твердом состоянии;

- большое различие в коэффициентах линейного расширения соединяемых металлов обуславливает возникновение значительных термических напряжений;

- различие теплопроводности и теплоемкости соединяемых металлов приводит к изменению температурных полей и условий кристаллизации шва, обуславливает характер смачиваемости более тугоплавкого металла;

- резкое различие в электромагнитных свойствах соединяемых металлов может привести к неудовлетворительному формированию шва;

- в ряде случаев, например, при сварке алюминия с другими металлами, значительные затруднения возникают из-за находящихся в ванне тугоплавких окисных пленок алюминия Al_2O_3 , создающих включения в сварном шве. Применяемые для их растворения флюсы непригодны для сварки более тугоплавкого металла;

- на характер образования сварного соединения решающее влияние оказывает химический состав образующихся фаз (в случае ограниченной растворимости). Конгломерат интерметаллических фаз, образующихся, например, при сварке ниобия со сталью, сохраняется и при последующей термообработке, и все дальнейшее поведение сварного соединения определяется количеством, формой, характером расположения и свойствами прослойки.

Свариваемость, как возможность соединения разнородных металлов с образованием прочных связей, определяется, прежде всего, физико-химическими свойствами соединяемых металлов и применяемой технологией сварки. Физические свойства металлов, от которых зависит их свариваемость, могут существенно отличаться. Соединяемые разнородные металлы могут быть одной основы (например, перлитная сталь + аустенитная сталь) и различной основы. Металлургические процессы сварки разнородных металлов, особенно с различной основой, более сложны и менее исследованы, чем процессы сварки однородных металлов.

Решающее влияние на свариваемость разнородных металлов оказывает металлургическая совместимость, которая определяется взаимной растворимостью соединяемых металлов и в жидком, и в твердом состоянии, а также образованием хрупких химических соединений – интерметаллидов. Практически не свариваются плавлением металлы и сплавы, которые не могут взаимно растворяться в жидком состоянии, например, железо и магний, чистые свинец и медь, железо и свинец и др. При расплавлении таких пар металлов образуются несмешивающиеся слои, которые при последующем затвердевании могут быть сравнительно легко отделены друг от друга.

Образуют сварные соединения металлы и сплавы, в состав которых входят элементы, обладающие неограниченной взаимной растворимостью не только в жидком, но и в твердом состоянии, т. е. образующие непрерывный ряд твердых растворов. Указанного типа разнородные металлы часто называют разноименными. К таким соединениям, в частности, относятся и пары, состоящие из титана и низколегированных титановых α -, псевдо- сплавов и сплавов мартенситного класса, общее содержание легирующих элементов в которых не превышает 10 %, а основой (90 % и более) является титан.

В сварных соединениях можно выделить три зоны:

1. Зона сварного шва – область, где металл при сварке нагревается выше температуры плавления.

2. Зона термического влияния (ЗТВ) – область металла, нагреваемого в процессе сварки в интервале температур от температуры начала рекристаллизации до температуры плавления.

3. Зона основного металла (ОМ), где кратковременное термическое воздействие при сварке не изменяет структуры исходного полуфабриката [2].

Наиболее резкие изменения структуры и свойств происходят на участке, непосредственно прилегающем к сварному шву, где наблюдается оплавление зерен. Металл на этом участке нагревается до температуры, составляющей около 90 % от температуры плавления. Эту зону принято называть околосварной (ОШЗ). Далее расположен участок, где металл претерпевает фазовую перекристаллизацию. При охлаждении здесь фиксируются метастабильные фазы [3].

Поэтому зоной, определяющей свариваемость титановых сплавов, является ЗТВ. Данная зона, как правило, является наиболее вероятным местом зарождения трещин как при изготовлении, так и эксплуатации конструкций. Так, например, при изучении случаев разрушения тонкостенных сварных трубопроводов из коммерческого титана [4] выявлено, что хрупкие игольчатые трещины, располагаются в зоне термического влияния с игольчатой структурой. При этом с высокой степенью вероятности трещины имеют место ещё до эксплуатации.

Проведенный аналитический обзор [5-9] по проблеме сварки листов титановых сплавов позволяет сделать следующие выводы:

1. Разноимённые титановые сплавы хорошо свариваются.
2. Прочностные характеристики сварного соединения определяются, как правило, свойствами наименее прочной заготовки из двух соединяемых.
3. Механические характеристики сварных титановых соединений в значительной мере зависят от выбора оптимального режима термообработки.
4. С повышением температуры отжига имеет место тенденция к разупрочнению сварных соединений титановых сплавов.

В настоящее время установлены следующие возможные пары сочетаний разнородных отечественных и импортных титановых сплавов и коррозионно-стойких сталей при сборке трубопроводов КСКВ и ПОС самолетов МС-21:

1. ОТ4 + Ti-6Al-4V;
2. ВТ1-0 + Ti-6Al-4V;
3. ПТ-7М + Ti-6Al-4V;
4. ОТ4 + Т40;
5. ВТ1-0 + Т40;
6. ПТ-7М + Т40;
7. 12Х18Н10Т + сталь 321.

Одним из наиболее важных критериев работоспособности любой конструкции является прочность как конструкции в целом, так и отдельных ее элементов. В качестве сравнительной

характеристики, оценивающей прочность материалов, используют временное сопротивление разрыву (предел прочности), то есть напряжение, соответствующее наибольшему усилию, предшествующему разрыву образца при (статических) механических испытаниях.

Для проведения испытаний по определению временного сопротивления разрыву были изготовлены плоские экспериментальные образцы сварных соединений, представленные на рисунке 1.

Экспериментальные образцы изготавливались путем сплавления при помощи аргонодуговой сварки между собой листового проката толщиной 1,0 мм отечественного и импортного производства.

Экспериментальные образцы из титановых сплавов подвергали воздушному отжигу в лабораторных муфельных печах при температурах от 450 °С до 750 °С с выдержкой в течение 1 часа. Температуру отжига выбирали в зависимости от температуры полного и неполного отжига для наиболее прочного сплава в изучаемой паре, что связано с необходимостью восстановления пластичности и снятия остаточных напряжений в первую очередь для наиболее высокопрочного сплава. Экспериментальные образцы из коррозионностойких сталей не отжигали.

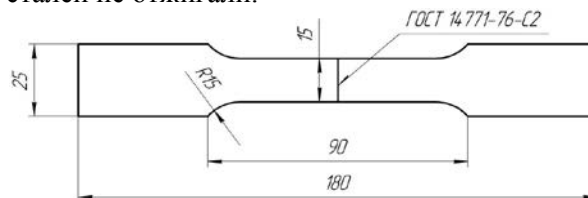


Рисунок 1. Экспериментальный образец сварного соединения для определения временного сопротивления

Испытания по определению временного сопротивления разрыву листовых сварных соединений (σ_b) проводили на универсальной испытательной машине Inspekt-50, в соответствии с ГОСТ 1497-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение». Ось главных напряжений от внешнего нагружения во всех случаях была перпендикулярна сварному шву.

При проведении испытаний отмечено, что разрушение всех образцов из сочетания разноименных материалов происходило по основному металлу наименее прочного из сочетания. Разрушений по сварному шву не зафиксировано. Типичный вид разрушения образцов показан на рисунке 2.

Результаты проведенных испытаний представлены в таблице 1.



Рисунок 2. Типичный вид разрушений, на примере опытных образцов из титановых сплавов

Таким образом, в ходе проведенных исследований определено временное сопротивление разрыву сварных конструкций, полученных путем сплавления листового проката из материалов отечественного и импортного производства между собой. Временное сопротивление сварной конструкции определяется характеристиками наименее прочного материала из пары соединяемых, что соответствует выводам, полученным из аналитического обзора.

Т а б л и ц а 1

Результаты испытаний по определению временного сопротивления разрыву сварных соединений

№ п.п.	Сочетание материалов сварного соединения	Температура отжига $T_{отж}, ^\circ\text{C}$	Временное сопротивление разрыву $\sigma_B, \text{МПа}$
1	ОТ4 + Ti6Al4V	без отжига	839
2		600	821
3		750	800
4	BT1-0 + Ti6Al4V	без отжига	493
5		600	487
6		750	416
7	ПТ7М + Ti6Al4V	без отжига	622
8		600	626
9		750	622
10	ОТ4 + Т40	без отжига	493
11		550	499
12		660	482
13	BT1-0 + Т40	без отжига	488
14		450	490
15		550	483
16	ПТ7М + Т40	без отжига	482
17		500	477
18		600	482
61	12Х18Н10Т+ сталь 321	без отжига	685

Следовательно, можно заключить, что в зоне сварного шва образуется материал, имеющий более высокое временное сопротивление разрыву, чем у наименее прочного материала из пары соединяемых.

Однако по одному временному сопротивлению разрыву, нельзя судить о работоспособности сварных конструкций трубопроводов КСКВ и ПОС самолетов МС-21. В дальней-

шем, следует провести испытания на малоцикловую усталость и оценить прочность сварных кольцевых стыков при действии статического и пульсирующего внутреннего давления.

Полученные результаты могут использоваться при проектировании сварных конструкций, состоящих из деталей, изготовленных из отечественных и импортных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Белов С.П., Брун М.Я., Глазунов С.Г. и др. Титановые сплавы. Металловедение титана и его сплавов. М.: Металлургия, 1992. 352 с.

2 Моисеев В.Н., Куликов Ф.Р., Кириллов Ю.Г., Васькин Ю.В. Сварные соединения титановых сплавов. М.: Металлургия, 1979. 248 с.

3 Гуревич С.М., Замков В.Н., Компан Я.Ю. и др. *Металлургия и технология сварки титана и его сплавов*. Киев: Наукова думка, 1979. 300 с.

4. Проектирование сварных конструкций в машиностроении; под ред. С.А.Куркина. - М.: Машиностроение, 1975. - 376 с.

5 Winco, Yung K. C., Ralph B., Lee W. B. et al. An investigation into welding parameters affecting the tensile properties of titanium welds // *Journal of Materials Processing Technology*. 1997. V. 63. P. 759-764.

6 Xiao-Long Gao, Jing Liu, Lin-Jie Zhang, Jian-Xun Zhang Effect of the overlapping factor on the microstructure and mechanical properties of pulsed Nd:YAG laser welded Ti6Al4V sheets // *Materials Characterization*. 2014. V. 93. P. 136-149.

7 Mohammad Akbari, Seyfolah Saedodin, Davood Toghraie, Reza Shoja-Razavi et al. Experimental and numerical investigation of temperature distribution and melt pool geometry during pulsed laser welding of Ti6Al4V alloy // *Optics & Laser Technology*. 2014. V. 59. P. 52-59.

8 Jing R., Liang S.X., Liu C.Y., Ma M.Z. et al. Effect of the annealing temperature on the microstructural evolution and mechanical properties of TiZrAlV alloy // *Materials & Design*. 2013. V. 52. P. 981-986.

REFERENCES

1 Belov S.P., Brun M.Ya., Glazunov S.G. et al. *Titanovye splavy. Metallovedenie titana i ego splavov* [Titanium alloys. Metallurgy of Titanium and its alloys]. Moscow, Metallurgiya, 1992. 352 p. (In Russ.).

2 Moiseev V.N., Kulikov F.R., Kirillov Yu.G., Vas'kin Yu.V. *Svarnye soedineniya titanovykh splavov* [Welded joints of titanium alloys]. Moscow, Metallurgiya, 1979. 248 p. (In Russ.).

3 Gurevich S.M., Zamkov V.N., Kompan Ya.Yu. et al. *Metallurgiya i tekhnologiya svarki titana i ego splavov* [Metallurgy and technology of welding of titanium and its alloys]. Kiev, Naukova Dumka, 1979. 300 p. (In Russ.).

4 Kurkin S.A. *Proektirovanie svarnykh konstruksiy v mashinostroenii* [Design of welded structures in mechanical engineering]. Moscow, Mashinostroenie, 1975. 376 p. (In Russ.).

5 Winco, Yung K. C., Ralph B., Lee W. B. et al. An investigation into welding parameters affecting the tensile properties of titanium welds. *Journal of Materials Processing Technology*, 1997, vol. 63, pp. 759-764.

6 Xiao-Long Gao, Jing Liu, Lin-Jie Zhang, Jian-Xun Zhang Effect of the overlapping factor on the microstructure and mechanical properties of pulsed Nd:YAG laser welded Ti6Al4V sheets. *Materials Characterization*, 2014, vol. 93, pp. 136-149.

7 Mohammad Akbari, Seyfolah Saedodin, Davood Toghraie, Reza Shoja-Razavi et al. Experimental and numerical investigation of temperature distribution and melt pool geometry during pulsed laser welding of Ti6Al4V alloy. *Optics & Laser Technology*, 2014, vol. 59, pp. 52-59.

8 Jing R., Liang S.X., Liu C.Y., Ma M.Z. et al. Effect of the annealing temperature on the microstructural evolution and mechanical properties of TiZrAlV alloy. *Materials & Design*, 2013, vol. 52, pp. 981-986.

УДК: 004.9:004.4:658.5:637.52

Аспирант А.В. Токарев,

(Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского)
кафедра «Информационные технологии».

тел. +7 (908) 134-65-29

E-mail: av.tokarev@bk.ru

профессор О.Н. Красуля

(Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского)
кафедра «Технологии продуктов питания и экспертизы товаров».

E-mail: okrasulya@mail.ru

Graduate A.V. Tokarev,

(Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy)
Department of "Information Technology". Phone +7 (908) 134-65-29

E-mail: av.tokarev@bk.ru

professor O.N. Krasulya

(Moscow State University of Technologies and Management named after K.G. Razumovskiy)
Department of "Information Technology".

E-mail: okrasulya@mail.ru

Оптимизация управляющих воздействий в рецептурах колбасных изделий при наличии технологических дефектов

Optimization of control actions in the formulation of sausage products in the presence of technological defects

Реферат. В статье рассматривается задача оптимизации управляющих воздействий в виде пищевых добавок в рецептурах колбасных изделий для устранения дефектов в мясном сырье при управлении производством. Предложена математическая постановка задачи и алгоритм ее решения. Формально задача классифицируется как комбинаторная задача целочисленного линейного программирования, целью которой является обеспечение набора функционально-технологических и вкусо-ароматических свойств конечного продукта при минимальной стоимости единицы массы пищевых добавок. Предложенный алгоритм решения реализует метод пошагового построения решения с отсеком неперспективных вариантов, определяемых на основе рекуррентных соотношений. Рассмотрен пример определения набора оптимальных пищевых добавок для конкретного производственного случая, когда в рецептуре вареной колбасы «Столичная» содержится большое количество жиросодержащего сырья. Для решения проблемы связывания и эмульгирования жирного сырья, как показано в статье, необходимы пищевые добавки, которые в комплексе содержали бы: фосфат (регулятор кислотности, водоудерживающий агент), антиоксидант, эмульгатор, загуститель, гелеобразователь, животный белок (наполнитель), краситель, фиксатор окраски, усилитель вкуса и аромата. Для примера был представлен набор из шести разных пищевых добавок с указанием их функционально-технологических и вкусоароматических свойств, а также стоимости. Необходимо было определить, какие из этих пищевых добавок включить в рецептуру, чтобы с одной стороны они, в конечном счете, содержали заданный набор указанных свойств, а с другой - их суммарная стоимость была минимальна. Решая данную задачу с применением рассмотренного алгоритма, нашли оптимальный набор пищевых добавок, которые полностью покрывают множество. Этот набор содержит все необходимые ингредиенты для решения поставленной задачи, при этом их суммарная стоимость является минимальной, в отличие от других возможных комбинаций. Рассмотренный алгоритм реализован в программной системе «МультиМит Эксперт» в системе поддержки принятия решений.

Summary. The problem of optimization of food additives in compounding of sausages for elimination of defects in meat raw materials at production management is considered in article. The mathematical problem definition and algorithm of its decision is offered. Formally the task is classified as a combinatory problem of integer linear programming which purpose is providing a set functional and technological and the taste of the final product at the minimum cost of unit of mass of food additives. The offered algorithm of the decision realizes a method of step-by-step creation of the decision with elimination of the unpromising options defined on the basis of recurrence relations. An example of determining the optimal set of food additives for the production of a particular case, when the recipe sausage "Stolichnaya" contains large amounts of fat-containing raw materials. To solve the problem of binding and emulsifying oily materials, as shown in the article are necessary supplements which together would contain: phosphate (pH regulator, water-retaining agent), antioxidant, emulsifier, thickener, gelling agent, animal protein (filler), coloring agent, retainer color, flavor intensifier. For example, it was presented with a set of six different food additives with their technological and functional properties of flavor and cost. It was necessary to determine which of these to include in the food additives formulated so as to on the one hand they ultimately comprise a predetermined set of specified properties, and on the other - of the total cost was minimal. Solving this problem with the use of the considered algorithm was found the optimal set of food additives, which completely cover the set. This kit contains all the necessary ingredients for the task, and their total cost is minimal, unlike other possible combinations. The algorithm is realized in program system "MultiMeat Expert" in system of support of decision-making.

Ключевые слова: управление, оптимизация, технологическая система, производство колбас, информационная технология, экспертная система, качество продукта, целочисленное линейное программирование.

Keywords: management, optimization, technological system, production of sausages, information technology, expert system, quality of a product, integer linear programming.

При корректировке технологических дефектов в рецептурах колбасных изделий (например, в рецептуре содержится в значительном количестве мясное сырье с пороком автолиза-PSE, RSE или DFD, мясо птицы механической обвалки (ММО), жиросодержащее сырье и т.п.), как правило, известен перечень функционально-технологических свойств, которыми должна обладать эта рецептура. Этот набор свойств формируется за счет управляющих воздействий в виде пищевых добавок с заданными функциональными свойствами [1-4]. В результате возникает задача подбора перечня управляющих воздействий (в виде пищевых добавок), который в сумме содержал бы нужный набор ингредиентов, но при этом суммарная стоимость единицы массы этих добавок была бы минимальна.

Математическая постановка задачи

Рассмотрим формальную постановку этой задачи. Пусть дано множество пищевых добавок Mpd , каждый элемент которого $Mpd(i)$ задан в виде кортежа:

$$Mpd(i) = \langle Mpd(i,k), Mpd(i,K+1) \rangle$$

$$\text{где } Mpd(i,k) = \begin{cases} 1, \text{ если добавка } Mpd(i) \text{ обладает} \\ k\text{-тым функциональным свой-} \\ \text{ством,} \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$$

$k = 1, \dots, K$, где K – количество функциональных свойств,

$Mpd(i,K+1)$ – цена единицы массы добавки i .

Пример такого множества представлен в таблице 1.

Пусть задан также требуемый набор функциональных свойств в виде вектора:

$$FS = \langle FS(l) \rangle, l=1, \dots, L, L \leq K$$

$$FS(l) = \begin{cases} 1, \text{ если требуется наличие функ-} \\ \text{ционального свойства } l, \\ 0, \text{ в противном случае} \end{cases}$$

Пусть Ppd – некоторое подмножество $Mpd: Ppd \subseteq Mpd$. Определим оператор Fp , формирующий вектор FSp :

$$FSp = Fp(Ppd) \quad (1)$$

$$FSp(l) = 0 \quad l=1, \dots, L$$

$$FSp(l) = FS(l) \vee Ppd(i,l) \quad l=1, \dots, L, i=1, \dots, |Ppd|$$

Таким образом, вектор FSp представляет собой весь набор функциональных свойств, соответствующих подмножеству Ppd .

Требуется определить такое подмножество Ppd , при котором:

$$Fp(Ppd) = FS \quad (2)$$

$$\text{и критерий } Q = \sum_{i=1}^{|Ppd|} Ppd(i, K+1) \rightarrow \min \quad (3)$$

Алгоритм решения задачи

Данная задача относится к комбинаторным задачам целочисленного программирования. Рассмотрим процесс пошагового построения решения этой задачи (см. рисунок 1) на плоскости $\langle S, T \rangle$, где $T=0, \dots, |Mpd|$, $S(T)$ – множество точек, каждой из которых соответствует тройка: $\langle Ppd(T), FSp(T), Q(T), nom(T-1) \rangle$, описывающая варианты построения решения на шаге T .

Здесь $nom(T-1)$ – номер точки предыдущего шага, из которой получена точка на шаге T .

Процесс начинается с точки $\langle 0, 0 \rangle$, $Ppd(0) = \emptyset$, $FSp(0) = \langle 0, \dots, 0 \rangle$, $Q(0) = 0$. На первом шаге получаем $|Mpd|$ вариантов формирования множества Ppd , каждое из которых состоит из одного объекта множества Mpd : $Ppd(1,1), Ppd(1,2), \dots, Ppd(1, |Mpd|)$. На втором шаге получим $C^2_{|Mpd|}$ вариантов, на третьем $C^3_{|Mpd|}$ вариантов, на последнем – $C^{|Mpd|}_{|Mpd|}$. Такое построение представляет собой прямой перебор вариантов решения задачи. Сопоставим каждой точке плоскости $\langle S, T \rangle$ вершину некоторого графа, а получение одного варианта решения на каждом шаге построения решения представим дугой графа. Полученный граф будем называть графом допустимых состояний (ГДС). Для уменьшения размерности задачи важно на каждом шаге отсеивать недопустимые и не перспективные варианты решений [5, 6].

Рассмотрим процесс получения новой точки $S(T+1, n)$ из точки $S(T, j)$.

Пусть $Mpd(n) \in Mpd \setminus Ppd(T, j)$.

Образуем

$$Ppd(T+1, n) = Ppd(T, j) \cup Mpd(n) \quad (4)$$

$$FSp(T+1, n) = Fp(Ppd(T+1, n)) \quad (5)$$

Если

$$FSp(T+1, n) = FSp(T, j) \vee \exists l (FSp(T+1, n, l) > FS(l)), \quad (6)$$

то добавление новой добавки либо не увеличило функциональные возможности нового подмножества, а стоимость набора увеличилась, либо новая добавка обеспечивает лишнее функциональное свойство. Такая вершина

будет считаться недопустимой для дальнейшего развития. В противном случае, новая вершина – допустима. Для допустимой вершины

критерий $Q(T+1, n)$, будем вычислять по следующему рекуррентному соотношению:

$$Q(T+1, n) = Q(T, j) + Mpd(n, K+1). \quad (7)$$

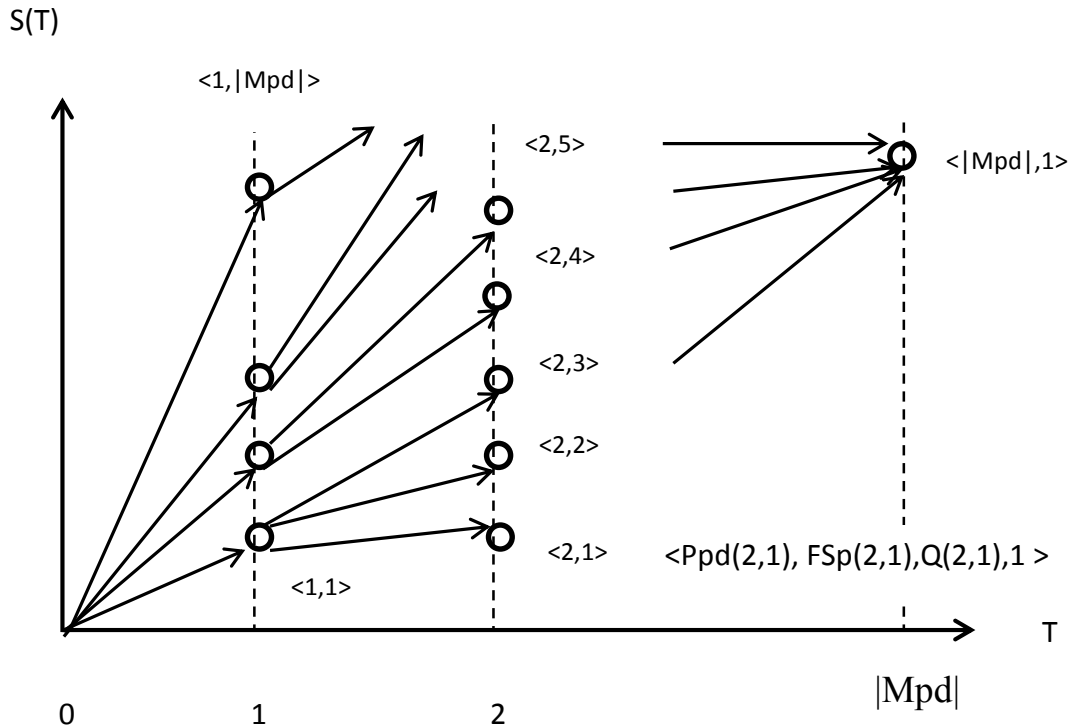


Рисунок 1. Пошаговое построение решения на плоскости состояний

Если

$$FSp(T+1, n) = FS, \quad (8)$$

то такая точка остается на вертикали $T+1$ как допустимая и далее переходит на следующие уровни в таком же статусе.

Сопоставим каждой дуге перехода от точки $\langle T, j \rangle$ к точке $\langle T+1, n \rangle$ величину $Mpd(n, K+1)$, которую будем интерпретировать как длину дуги. В таком случае решение нашей задачи сводится к нахождению кратчайшего пути на ГДС от вершины $\langle 0, 0 \rangle$ до вершины $\langle |Mpd|, 1 \rangle$.

Рассмотрим возможность уменьшения количества вершин ГДС на каждом шаге построения решения. Пусть $Ppd(T+1)$ – множество всех допустимых точек, полученных на шаге $T+1$. Рассмотрим две произвольные точки на вертикали $T+1$: $Ppd(T+1, i)$ и $Ppd(T+1, j)$, соответствующие им векторы $FSp(T+1, i)$ и $FSp(T+1, j)$, критерии $Q(T+1, i)$ и $Q(T+1, j)$. Точка $Ppd(T+1, i)$ является неперспективной по отношению к точке $Ppd(T+1, j)$ если выполняется следующее соотношение:

$$\forall m(Ppd(T+1, j, m) \geq Ppd(T+1, i, m) \wedge Q(T+1, j) \leq Q(T+1, i)) \quad (9)$$

Смысл формулы (9) заключается в том, что на множестве $Ppd(T+1, i)$ больше функциональных возможностей по сравнению с множеством $Ppd(T+1, j)$ при меньшей суммарной стоимости добавок. Все неперспективные вершины на каждом шаге построения решения отбрасываются. Таким образом, укрупненный алгоритм решения нашей задачи представлен на рисунке 2.

В блоке 4 производится формирование множества допустимых вершин ГДС на вертикали T в соответствии с формулами (4)-(7). В блоке 5 производится отсев неперспективных вершин ГДС в соответствии с формулой (8), а вершина, удовлетворяющая соотношению (8), остается в допустимых. В блоке 6 отсеиваются неперспективные варианты вершин ГДС в соответствии с формулой (9). В блоке 7 проверяется существование на вертикали вершины, для которой вектор FSP совпадает с вектором FS . Если такая вершина есть, то выдается оптимальное решение. В противном случае выдается сообщение об отсутствии решения.

Рассмотрим пример определения набора оптимальных пищевых добавок для случая, когда в рецептуре вареной колбасы «Столичная» содержится большое количество жиросодержащего сырья. Пусть набор состоит из шести пищевых добавок со следующими названиями торговых марок: «Тарипрот супер», «Эмульмикс», «Столичная комби», «Рот-колор», «Росмикс система Жир Е», «Росмикса-рома Столичная», свойства которых указаны в

таблице 1 (0 – свойство в добавке отсутствует, 1 – свойство присутствует). Для решения проблемы связывания и эмульгирования жирного сырья, как ранее было показано, необходимы пищевые добавки, которые в комплексе содержали бы: фосфат (регулятор кислотности, вододерживающий агент), антиоксидант, эмульгатор, загуститель, гелеобразователь, животный белок (наполнитель), краситель, фиксатор окраски, усилитель вкуса и аромата.

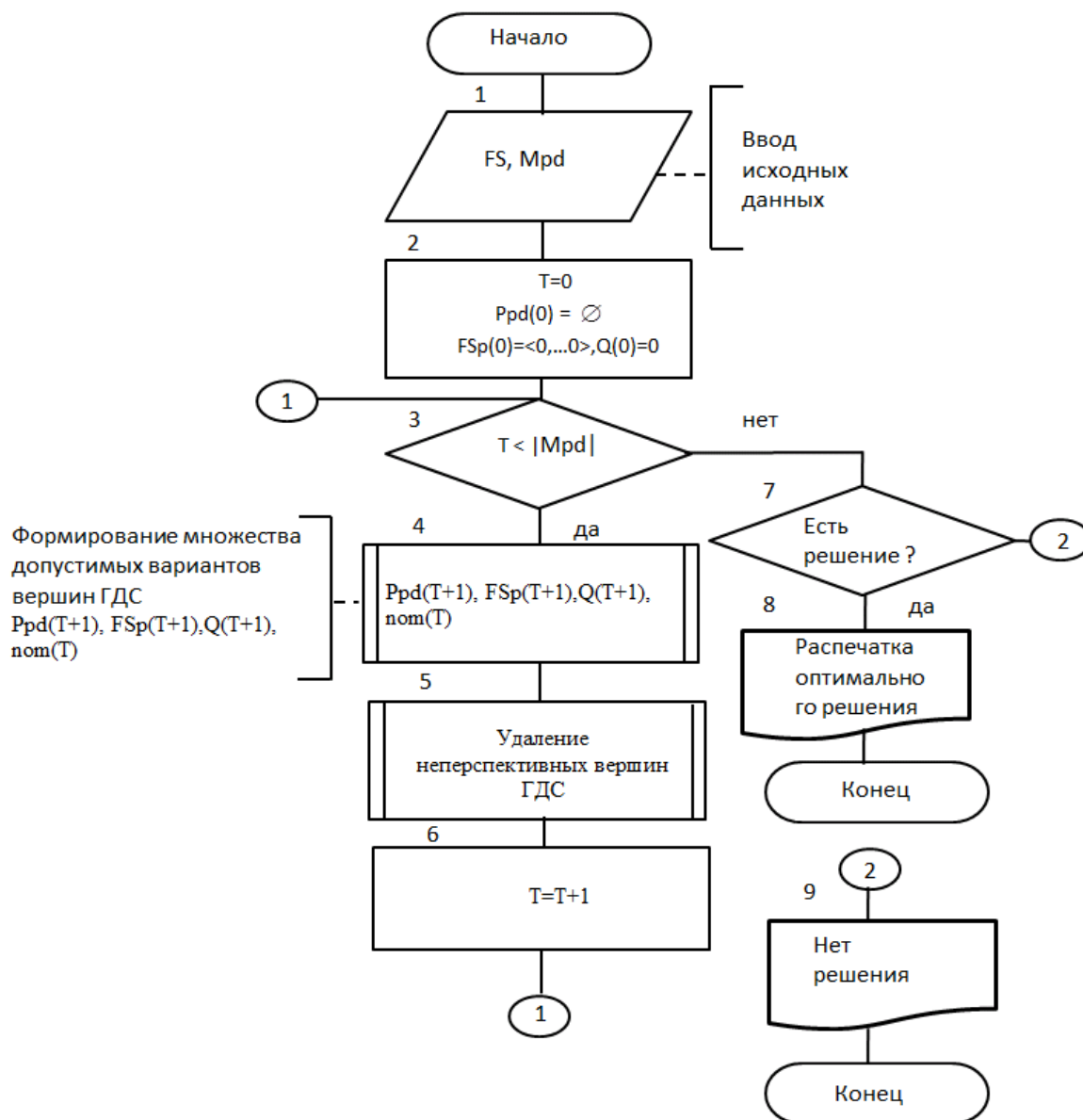


Рисунок 2. Укрупненный алгоритм решения задачи определения оптимального набора управляющих воздействий в виде пищевых добавок

Свойства пищевых добавок и их стоимость

Номер до- бавки	Пище- вые до- бавки	Функционально-технологические и вкусоароматические свойства пищевых добавок									
		Во- до- удер- жи- ваю- щие агент	Анти- окси- дант	Эмуль- гатор	Загу- сти- тель	Геле- об- разо- ва- тель	Напол- нитель	Краси- тель	Фикса- тор окраски	Уси- ли- тель вкуса и аро- мата	Цена руб./кг
1	Тари- прот супер	0	0	0	1	1	0	0	0	0	360
2	Эмуль- микс	0	0	1	0	0	0	0	0	0	200
3	Сто- личная комби	1	1	0	0	0	0	1	1	1	330
4	Рот-ко- лор	0	0	0	0	0	0	1	0	0	265
5	Ро- смикс си- стема Жир Е	1	1	1	1	1	1	1	1	0	306
6	Ро- смик- сарома Сто- личная	0	0	0	0	0	0	0	0	1	330

Необходимо определить, какие пищевые добавки включить в рецептуру, чтобы с одной стороны они, в конечном счете, содержали заданный набор указанных свойств, а с другой – их суммарная стоимость была минимальна. Решая данную задачу с применением рассмотренного выше алгоритма, получим, что оптимальным набором добавок будут: «Росмикс система Жир Е» и «Росмиксарома Столичная» – они полностью покрывают множество. Этот набор содержит все необходимые ингредиенты для решения поставленной задачи, при этом суммарная стоимость будет минимальная (636 руб/кг), в отличие от других возможных комбинаций.

Результаты и обсуждение

Рассмотренная постановка задачи и алгоритм ее решения позволил включить эту

задачу в программный комплекс «"МультиМит Эксперт"» [7] системы поддержки принятия решений экспертной системы для технолога мясоперерабатывающего предприятия. По своему классу она относится к комбинаторным задачам целочисленного линейного программирования. Предложенный алгоритм решения развивает идеи динамического программирования и позволяет отсеивать неперспективные варианты, используя рекуррентные соотношения на каждом шаге построения решения.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Выражаем благодарность ООО «Сириус» за финансовую поддержку при разработке экспертной системы «МультиМитЭксперт».

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Рогов И.А., Забашта А.Г., Казюлин Г.П. Технология мяса и мясных продуктов (в 2-х книгах). М.: КолосС, 2009. 565 с.
- 2 Красуля О.Н. и др. Моделирование рецептур пищевых продуктов и технологий их производства: теория и практика. Учебное пособие. СПб.: ГИОРД, 2015. 320 с.
- 3 Нечаев А.П. и др. Технология пищевых производств. М.: КолосС, 2007. 768 с.
- 4 Sablani Shyam S., Rahman M. Shafiur, Datta Ashim K., Mujumdar Arun S. Handbook of Food and Bioprocess Modeling Techniques. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007. 613 p.
- В. И., Корзунов С. А., Грачева С.А. Оптимизация календарного плана выполнения комплекса взаимосвязанных работ в системе поддержки принятия решений // Прикладная информатика. 2014. №4(52). С. 101-108.
- 6 Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирования. М.: Вильямс, 2007. 1152 с.
- 7 Свидетельство № 2013616949 Российская Федерация. Программа для решения технологических и учетных задач на предприятиях мясной и рыбной промышленности «МультиМит Эксперт»: свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ / Токарев А.В., Красуля О.Н.; заявитель и правообладатель Токарев А.В. Заявка № 2013615177, 17.06.2013; зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 29.07.2013.

REFERENCES

- 1 Rogov I.A., Zabashta A.G., Kazyulin G.P. Tehnologiya myasa i myasnykh produktov (v 2-h knigah) [Technology of meat and meat products (2 books)]. Moscow, Koloss, 2009. 565 p. (In Russ.).
- 2 Krasulia O.N., Nikolaeva S.V., Tokarev A.V. et al. Modelirovanie retseptur pischevykh produktov i tehnologiy ih proizvodstva: teoriya i praktika [Modeling of food recipes and manufacturing technologies: theory and practice]. Saint-Petersburg, GIOR, 2015. 320 p. (In Russ.).
- 3 Nechaev A.P., Shub I.S., Anoshina O.M. et al. Tekhnologiya pishhevykh proizvodstv [The technology of food production]. Moscow, Koloss, 2007. 768 p. (In Russ.).
- 4 Sablani Shyam S., Rahman M. Shafiur, Datta Ashim K., Mujumdar Arun S. Handbook of Food and Bioprocess Modeling Techniques. CRC Press Taylor & Francis Group, 2007. 613 p.
- 5 Karpov V.I., Korzunov S.A., Gracheva S.A. Optimization of schedule performance of a complex of related works in the decision support system. *Prikladnaya informatika* [Applied Informatics], 2014, no. 4(52), pp. 101-108. (In Russ.).
- 6 Giarratano J., Riley G. Ekspertnyie sistemy: printsipy razrabotki i programmirovaniya [Expert Systems: Principles and Programming, Fourth Edition: Principles and Programming]. Moscow, Williams, 2007. 1152 p. (In Russ.).
- 7 Tokarev A.V., Krasulya O.N. Programma dlya resheniya tehnologicheskikh i uchetnykh zadach na predpriyatiyah myasnoy i ryibnoy promyshlennosti "MultiMeat Expert" [The program for the solution of technological tasks, and accounting at the enterprises of meat and fish industry "MultiMeat Expert"]. Certificate RF, no. 2013616949, 2013. (In Russ.).

УДК 664.723

Профессор Д.Б. Десятов, доцент Т.В. Гладких,

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных технологий моделирования и управления. тел. (473) 255-25-50

E-mail: gtv1311@mail.ru

доцент Е.В. Воронова

(Воронеж. гос. ун-т) кафедра функционального анализа и операторных уравнений, тел. (473) 220-87-55

E-mail: e-lena_B@inbox.ru

Professor D.B. Desyatov, associate professor T.V. Glagkikh,

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information technology modeling and management.

phone (473) 255-37-51

E-mail: gtv1311@mail.ru

associate professor E.V. Voronova

(Voronezh state university) Department of functional analysis and operator equations.

phone (473) 220-87-55

E-mail: e-lena_B@inbox.ru

Моделирование вероятностного конфликта технологических систем

Modeling probabilistic conflict of technological systems

Реферат. В последнее время для исследования конфликтов все чаще применяется метод математического моделирования. Его значимость связана с тем, что экспериментальные исследования таких конфликтов достаточно трудоемки и сложны. Однако существующие подходы к исследованию конфликта не учитывают стохастический характер систем, страдают концептуальной неполнотой. Возникает потребность в разработке моделей, алгоритмов и принципов, позволяющих оценивать конфликтные взаимодействия, выбирать конфликтные решения для обеспечения не худших условий функционирования. Для стохастических технологических систем в качестве функции полезности будем рассматривать вероятность достижения заданной цели. Будем считать, что некоторая система S_1 конфликтует с системой S_2 , ($S_2 \mathbf{K} S_1$), если $q(S_1, S_2) < q(S_1, \overline{S_2})$, где q - функция полезности надсистемы $S = \{S_1, S_2\}$. При этом можно говорить о конфликте случайных событий, заключающихся в достижении некоторых целевых состояний. Тогда, если A и B - совместные зависимые случайные события, то вероятностный конфликт между событиями ($A \mathbf{K} B$) можно определить двумя способами: Определение 1. Между A и B наблюдается вероятностный конфликт первого рода ($A \mathbf{K}_1 B$), если $P(A/B) < P(A/\overline{B})$, где $P(A/B)$, $P(A/\overline{B})$ - условные вероятности. Определение 2. Между A и B наблюдается вероятностный конфликт второго рода ($A \mathbf{K}_2 B$), если $P(A/B) < P(A)$. Далее приводятся 9 теорем с доказательствами для данных определений, позволяющие решать задачи оптимизации и выбора на множестве Парето, которые возникают при исследовании функционирования стохастических технологических систем.

Summary. Recently for the study of conflict increasingly used method of mathematical optical modeling. Its importance stems from the fact that experimental research such conflicts rather time-consuming and complex. However, existing approaches to the study of conflict do not take into account the stochastic nature of the systems, suffers from conceptual incompleteness. There is a need to develop models, algorithms and principles, in order to assess the conflict, to choose conflict resolution to ensure that not the worst of conditions. For stochastic technological systems as a utility function, we consider the probability of achieving a given objective. We assume that some system S_1 is in conflict with the system S_2 , ($S_2 \mathbf{K} S_1$), if $q(S_1, S_2) < q(S_1, \overline{S_2})$, where q is the utility function of meta $S = \{S_1, S_2\}$. In this case we can speak about the conflict of random events, achieving some target States. Then-when, if and joint dependent random events, then the probability the conflict between events (And In) can be defined in two ways: Definition 1. Between A and b is observed probabilistic conflict of the first kind ($A \mathbf{K}_1 B$), if $P(A/B) < P(A/\overline{B})$, where $P(A/B)$, $P(A/\overline{B})$ is a conditional probability. Definition 2. Between A and b is observed probabilistic conflict of the second kind ($A \mathbf{K}_2 B$), if $P(A/B) < P(A)$. Here are 9 of theorems with proofs for data definitions, allowing to solve problems of optimization and selection of the Pareto set, which arise in the study of the functioning of stochastic manufacturing systems.

Ключевые слова: вероятностный конфликт, случайные события, теорема, доказательство, стохастические системы.

Key words: probabilistic conflict, random events, theorem, proof, stochastic system.

© Десятов Д.Б., Гладких Т.В., Воронова Е.В., 2015

На сегодняшний день не достаточно строго решены задачи формализации конфликта параметров. Существующие подходы к исследованию конфликта не учитывают стохастический характер систем, страдают концептуальной неполнотой. Возникает потребность в разработке моделей, алгоритмов и принципов, позволяющих оценивать конфликтные взаимодействия, выбирать конфликтные решения для обеспечения не худших условий функционирования. Отсюда возникает необходимость проведения анализа функционирования на основе исследования конфликта параметров с применением методов многомерной статистики. Такой анализ позволяет выявить истинные причины развития системы в том или ином направлении, перехода из стационарного состояния в нестационарное.

Математическое моделирование с привлечением современных средств вычислительной техники позволяет перейти от простого накопления и анализа фактов к прогнозированию и оценке событий в реальном масштабе времени их развития. Если методы наблюдения и анализа межгруппового конфликта позволяют получать единичное решение конфликтного события, то математическое моделирование конфликтных явлений с использованием ЭВМ позволяет просчитывать различные варианты их развития с прогнозированием вероятного исхода и влияния на результат.

Многие современные технологические системы являются сложными стохастическими системами. Задачи оптимизации, возникающие при их исследовании, как правило, носят векторный характер. Поэтому целесообразно строить модели, учитывающие вероятностную природу конфликта основных параметров оптимизации.

В соответствии с [1] будем считать, что некоторая система S_1 конфликтует с системой S_2 , $(S_2 \text{ K } S_1)$, если:

$$q(S_1, S_2) < q(S_1, \bar{S}_2), \quad (1)$$

где q - функция полезности надсистемы $S = \{S_1, S_2\}$. Для стохастических технологических систем в качестве функции полезности будем рассматривать вероятность достижения заданной цели. При этом можно говорить о конфликте случайных событий, заключающихся в достижении некоторых целевых состояний. Тогда, если A и B - совместные зависимые случайные события (например, заключающиеся в достижении целевых состояний

стохастическими системами S_1 и S_2 соответственно), то вероятностный конфликт между событиями $(A \text{ K } B)$ можно определить двумя способами [2, 3]:

Определение 1. Между A и B наблюдается вероятностный конфликт первого рода $(A \text{ K}_1 B)$, если:

$$P(A/B) < P(A/\bar{B}), \quad (2)$$

где $P(A/B)$, $P(A/\bar{B})$ - условные вероятности.

Определение 2. Между A и B наблюдается вероятностный конфликт второго рода $(A \text{ K}_2 B)$, если:

$$P(A/B) < P(A). \quad (3)$$

Теорема 1. Из неравенства (2) следует неравенство (3).

Доказательство. По известной теореме о полной вероятности:

$$P(A) = P(A/B)P(B) + P(A/\bar{B})P(\bar{B}) \quad (4)$$

Тогда из (2) следует:

$$\begin{aligned} P(A) &> P(A/B)P(B) + P(A/\bar{B})P(\bar{B}) = \\ &= P(A/B)[P(B) + P(\bar{B})]. \end{aligned} \quad (5)$$

Согласно одной из аксиом теории вероятностей:

$$P(B) + P(\bar{B}) = 1. \quad (6)$$

Из (4) и (5) следует $P(A) > P(A/B)$, что и требовалось доказать.

Теорема 2. Вероятностный конфликт второго рода является симметричным, то есть из $A \text{ K}_2 B$ следует, что $B \text{ K}_2 A$.

Доказательство. Имеем неравенство (3). Из формулы умножения для зависимых событий следует:

$$P(A \cap B) = P(A)P(B/A) = P(B)P(A/B) \quad (7)$$

Отсюда с учетом (3) получаем:

$$\begin{aligned} P(B/A) &= [P(B)P(A/B)]/P(A) < [P(B)P(A)]/ \\ &/P(A) = P(B) \end{aligned} \quad (8)$$

Теорема 3. Вероятностный конфликт первого рода является симметричным, то есть из $A \text{ K}_1 B$ следует, что $B \text{ K}_1 A$.

Доказательство. Имеем неравенство (2). По теореме о полной вероятности можно записать:

$$P(B) = P(B/A)P(A) + P(B/\bar{A})P(\bar{A}). \quad (9)$$

Тогда:

$$\begin{aligned} P(\bar{A}) &= [P(B) - P(B/A)P(A)]P(\bar{A}) = \\ &= [P(B) - P(B/A) + P(B/A)P(A)]/P(\bar{A}) = \\ &= \{P(B) - P(B/A) + P(B/A)[1 - P(A)]\}/P(\bar{A}) \quad (10) \end{aligned}$$

Согласно (6):

$$P(\bar{A}) = 1 - P(A). \quad (11)$$

Из (10) и (11) следует:

$$P(B/\bar{A}) = [P(B) - P(B/A)]/P(\bar{A}) + P(B/A). \quad (12)$$

Из Теоремы 1, неравенства (8) и неравенства $P(\bar{A}) > 0$ (если $P(\bar{A}) = 0$, то события А и В являются независимыми, что противоречит принятым предположениям) следует, что:

$$[P(B)P(B/A)]/P(\bar{A}) > 0. \quad (13)$$

Из (12) и (13) имеем:

$$P(B/\bar{A}) > P(B/A), \quad (14)$$

что и требовалось доказать.

Теоремы 1, 2 и 3 свидетельствуют о симметричности вероятностного конфликта.

Теорема 4. А К₁ В тогда и только тогда, когда А К₂ В.

Доказательство. Необходимость утверждения теоремы следует из Теоремы 1, то есть из (2) следует (3). Докажем достаточность. Имеем неравенство (3). Из (6) можно записать

$$P(A/\bar{B}) = [P(A) - P(A/B)P(B)]/P(\bar{B}). \quad (15)$$

Из (15), (3) и (11) следует:

$$\begin{aligned} P(A/\bar{B}) &> [P(A/B) - P(A/B)P(B)]/P(\bar{B}) = \\ &= \{P(A/B)[1 - P(B)]\}/P(\bar{B}) = \\ &= [P(A/B)P(\bar{B})]/P(\bar{B}) = P(A/B), \end{aligned}$$

что и требовалось доказать.

Теорема 5. Если А и В конфликтуют, то выполняется следующее соотношение:

$$P(A/B) < P(A) < P(A/\bar{B}). \quad (16)$$

Доказательство. По условию теоремы выполняются неравенства (2) и (3), откуда следует левое неравенство в (16). Докажем, что при этом $P(A) < P(A/\bar{B})$.

Из (5), (2) и (6) следует:

$$\begin{aligned} P(A) &= P(A/B)P(B) + P(A/\bar{B})P(\bar{B}) < \\ &P(A/\bar{B})P(B) + P(A/\bar{B})P(\bar{B}) = \\ &= P(A/\bar{B})[P(B) + P(\bar{B})] = P(A/\bar{B}), \end{aligned}$$

что и требовалось доказать.

Кроме конфликта между случайными событиями А и В может наблюдаться отношение вероятностного сотрудничества (А В), если выполняется условие:

$$P(A/B) > P(A) \quad (17)$$

Следует отметить, что между вероятностями P(A) и P(A/B) кроме (3) и (17) может также наблюдаться соотношение:

$$P(A/B) = P(A). \quad (18)$$

В этом случае события А и В являются независимыми.

Элементарные свойства отношений вероятностного конфликта и сотрудничества изложим в следующих теоремах [4, 5].

Теорема 6. Отношение вероятностного конфликта является антирефлексивным, то есть неверно, что А К А.

Доказательство. Так как, то условие (3) не выполняется.

Теорема 7. Отношения вероятностного конфликта и сотрудничества являются симметричными, то есть:

а). из А К В следует, что В К А;

б). из А В следует, что В А.

Доказательство.

а). Следует из теоремы 2.

б). Имеем неравенство (10). Из формулы умножения для зависимых событий (6) следует:

$$\begin{aligned} P(B/A) &= [P(B)P(A/B)]/P(A) \\ [P(B)P(A)]/P(A) &= P(B), \end{aligned}$$

что и требовалось доказать.

Теорема 6. Из А К В следует, что К А.

Доказательство. По условию теоремы имеем неравенство (3). По теореме о полной вероятности можно записать формулу (6), откуда, учитывая (3) имеем:

$$P(A) < P(A)P(B) + P(A/\bar{B})P(\bar{B}),$$

или

$$P(A)[1 - P(B)] < P(A/\bar{B})P(\bar{B}). \quad (19)$$

Согласно одной из аксиом теории вероятности выполняется равенство (6). Из (6) и (19) следует:

$$P(A)P(\bar{B}) < P(A/\bar{B})P(\bar{B}).$$

Так как $P(\bar{B}) > 0$, то:

$$P(A) < P(A/\bar{B}). \quad (20)$$

Учитывая (6), неравенство (20) можно преобразовать:

$$1 - P(\bar{A}) < 1 - P(A/\bar{B}),$$

откуда $P(\bar{A}/\bar{B}) < P(\bar{A})$ или $\bar{A} \text{ К } \bar{B}$, что и требовалось доказать.

Теорема 8. Из $A \not\subset B$ следует, что
а) $\overline{A} \subset \overline{B}$, б) $A \subset \overline{B}$.

Доказательство. а) Из (3) и (6) имеем
 $1 - P(\overline{A}/B) < 1 - P(\overline{A})$, откуда

$P(\overline{A}/B) > P(\overline{A})$ или $B \not\subset \overline{A}$. Утверждение в) является прямым следствием неравенства (13).

Следствие. Из $A \not\subset B$ следует, что а) $\overline{B} \not\subset \overline{A}$,
б) $\overline{B} \subset \overline{A}$, в) $B \subset \overline{A}$.

Доказательство следует из теорем 6, 7 и 8.

Теорема 9. Отношение вероятностного конфликта нетранзитивно.

Доказательство. Достаточно найти такие события A, B и C , что $A \not\subset B$, $B \not\subset C$, а $\overline{A} \subset \overline{C}$.

Пусть $P(A) = 0.4; P(B) = 0.5; P(C) = 0.08;$

$P(A/B) = 0.2; P(C/B) = 0.02; P(C/A) = 0.2.$

Тогда:

$$P(A/B) < P(A),$$

$$P(C/B) \geq P(C),$$

$$P(C/A) \geq P(C).$$

Следовательно $A \not\subset B$, $B \not\subset C$, но $\overline{A} \subset \overline{C}$.

Выведены определения вероятностного и статистического конфликта для анализа функционирования технологической системы и множества статистических конфликтных решений. Предложены модели и численные схемы оценки конфликта, которые позволяют решать задачи оптимизации и выбора на множестве Парето, возникающие при исследовании функционирования стохастических технологических систем.

Данные модели могут также использоваться для анализа технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Новосельцев В.И., Мельников В.М. Конфликтология: учеб. пособие. Воронеж: Российская государственная академия правосудия (Центральный филиал), 2010. 320 с.

2 Десятов Д.Б., Новосельцев В.И. Теория конфликта: учеб. пособие для студентов вузов. Воронеж: Научная книга, 2010. 346 с.

3 Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2010. 343 с.

4 Баркалов С.А. и др. Системный анализ и его приложения: учебное пособие. Воронеж: Научная книга, 2010. 439 с.

5 Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов. М.: Высшая школа, 2010. 576 с.

REFERENCES

1 Novoseltsev V.I. Melnikov, V.M. Konfliktologiya [Conflict]. Voronezh, RAP, 2010. 320 p. (In Russ.).

2 Desyatov D.B., Novoseltsev V.I. Teoriya konflikta [Theory of the conflict]. Voronezh, Nauchnaya kniga, 2010. 346 p. (In Russ.)

3 Sovetov B.Ya., Yakovlev S.A. Modelirovanie system [Modeling of systems]. Moscow, Vysshaya shkola, 2010. 343 p. (In Russ.)

4 Barkalov S. A. et al. Sistemnyi analiz i ego prilozhenie [System analysis and its applications] Voronezh, Nauchnaya kniga, 2010. 439 p. (In Russ.)

5 Wentzel E. S. Teoriya veroyatnostei [Probability theory]. Moscow, Vysshaya shkola, 2010. 576 p. (In Russ.)

УДК 675.03.031.81 : 577.15

Профессор А.В. Скрыпников, аспирант Е.В. Чернышова,
магистр Р. В. Стукалов, магистр Н. В. Ширинкин
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационной безопасности.
тел. (473) 255-65-11
E-mail: kaf-inf-bez@mail

Professor A.V. Skrypnikov, graduate E.V. Chernyshova,
master student R. V. Stukalov, master student N. V. Shirinkin
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information security.
phone (473) 255-65-11
E-mail: kaf-inf-bez@mail

Исследование функций и структуры информационной системы управления

Study the functions and structure of management information system

Реферат. Аппаратуры сбора и передачи информации, электронно-вычислительная техника имеют высокую стоимость: удельный вес затрат на технические средства в общих расходах на создание информационной системы управления составляет до 60-70 %. Поэтому для улучшения максимальной эффективности информационной системы управления требуется построение технического комплекса при минимальных затратах на его преобразование, установку и эксплуатацию, что обуславливает необходимость выбора оптимального варианта технических средств из числа возможных. Определение критериев сравнения и выбора оптимального варианта является важной задачей построения комплексного технического обеспечения информационной системы управления. Одной из особенностей комплексного технического обеспечения является его относительная консервативность по сравнению с другими частями информационной системы управления (алгоритмы функционирования, нормативная база, функции структурных подразделений и т.д.), которые развиваются и претерпевают существенные изменения в процессе совершенствования информационной системы управления. Комплекс технических средств допускает, как правило, в процессе эволюции информационной системы управления лишь количественные изменения, наращивание, а не изменение общей структуры. Для того чтобы информационная система управления работала эффективно, она должна строиться из расчета, что может пройти от 5 до 10 лет после того, как система впервые была предложена. Таким образом, от того, насколько удачно выбрана структура и параметры комплексного технического обеспечения, в существенной степени зависит живучесть, эффективность и способность к эволюции информационной системы управления в целом. Стремление сократить сроки создания и внедрения информационной системы управления приводит к необходимости смещения разработки вопросов комплексного технического обеспечения на ранние стадии проектирования информационной системы управления и обуславливает итеративный характер решения задач комплексного технического обеспечения, заключающийся в последовательном уточнении структуры и параметров комплексного технического обеспечения на более поздних этапах разработки системы по мере уточнения и детализации других подсистем информационной системы управления.

Summary. Equipments of collecting and information transfer, electronic computer facilities have high cost: specific weight of costs of technical means in the general expenses on creation of the information management system makes to 60 – 70 %. Therefore improvement of maximum efficiency of the information management system requires creation of a technical complex at the minimum costs of its transformation, installation and operation that causes need of a choice of optimum option of technical means from among the possible. Definition of criteria of comparison and a choice of optimum option is an important problem of creation of complex technical providing the information management system. One of features of complex technical providing is its relative conservatism in comparison with other parts of the information management system (algorithms of functioning, regulatory base, functions of structural divisions, etc.) which develop and undergo essential changes in process of improvement of the information management system. The complex of technical means allows, as a rule, in the course of evolution of the information management system only quantitative changes, building, but not change of the general structure. In order that the information management system worked effectively, it has to built from calculation that can pass from 5 to 10 years after the system was for the first time offered. Thus, from that, the structure and parameters of complex technical providing is how successfully chosen, in essential degree survivability, efficiency and ability to evolution of the information management system in general depends. The aspiration to reduce terms of creation and introduction of the information management system results in need of shift of development of questions of complex technical providing on early design stages of the information management system and causes the iterative character of the solution of problems of complex technical providing consisting in consecutive specification of structure and parameters of complex technical providing at later development stages of system in process of specification and specification of other subsystems of the information management system.

Ключевые слова: передача информации, управление информацией, обработка информации, структура комплексного технического обеспечения.

Keywords: information transfer, information directorate, information processing, structure of complex technical providing.

© Скрыпников А.В., Чернышова Е.В.,
Стукалов Р.В., Ширинкин Н.В., 2015

В абстрактной теории функционирования сложных систем, развитой Бусленко Н.П. и его школой [1], в качестве элемента системы принят агрегат, который является достаточно общей схемой, дающей единое математическое описание. Для решения отдельных задач сложных систем широко применяются более простые формальные схемы, например, системы массового обслуживания.

В информационных системах управления, особенно на ранних стадиях разработки, достаточно представительной является классификация элементов по типу протекающих в них информационных процессов [2], в рамках которой элементы выступают как источники, преобразователи и потребители информации.

Источником Q будем называть такой элемент, в котором возникает информация, характеризующая производственную деятельность всей организации в целом, либо ее структурных подразделений. Преобразователем L является элемент, который осуществляет заданное преобразование информации одного или нескольких источников. Те элементы, которым адресуется преобразованная информация, будем называть потребителями информации S .

Каждый элемент системы может рассматриваться в различных условиях в качестве источника, преобразователя либо потребителя. Поэтому классификацию следует проводить по типу доминирующего информационного процесса, который происходит в конкретном элементе. Однако потребность в выделении доминирующего признака отпадает, если принять во внимание функциональные особенности элементов информационной системы управления. Действительно, по своему характеру информационные системы управления являются человеко-машинными системами. Источники и потребители информации в большинстве случаев относятся к «человеческой» части информационных систем управления: информация «генерируется» (отбирается, формируется) людьми и «потребляется» на стадии принятия решения также людьми. Такое разделение не предполагает абсолютное исключение из элементов, относимых к источникам и потребителям информации, звеньев «машинного» типа. Однако в этих элементах имеются неформализуемые функции, при этом строгость описания может быть достигнута введением в формальный язык описаний эвристических звеньев. «Неформализуемость» в данном случае может быть обусловлена как отсутствием принципиальной возможности формализации (например, принятие решения), так и ее существенной сложностью (например, семантический и ассоциатив-

ный отбор по подготовке данных). Таким образом, в дальнейшем будем полагать, что источники Q и потребители S в своем составе имеют эвристическое звено.

Движение информации в информационных системах управления осуществляется по схеме: от источника Q , через преобразователь L к потребителю S (рисунок 1). В преобразователе на входной поток информации $p(t)$ действует определенный оператор преобразования L , который преобразует его в выходной поток $r(t)$: $r(t) = Lp(t)$.

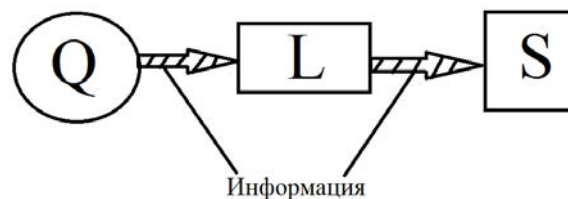


Рисунок 1. Схема движения информации в информационных системах управления

Задание процедур преобразования такими соотношениями позволяет описать качественное разнообразие этих процедур и квалификацию конкретных устройств комплексного технического обеспечения единой количественной мерой – потоком информации, так как определенному оператору преобразования может быть поставлен в соответствие техническое устройство или конечный ряд таких устройств определенной квалификации [3].

В соответствии с этим можно выделить следующие основные функции комплексного технического обеспечения:

1. Передача информации (транспортировка) – вид преобразования, при котором входной поток $p(t)$ транспортируется от источника к потребителю (или от одного преобразователя к другому) без изменений. Преобразование сводится к запаздыванию входного потока на время Δt :

$$R(t) = Z p(t) = p(t - \Delta t) \quad (1)$$

2. Обработка информации – вид преобразования при котором выходной поток $r(t)$ образуется в результате действия на конечное число n входных потоков $p_k(t)$ некоторого оператора O , не сводимого к суперпозиции операторов запаздывания:

$$r(t) = O(p_1(t), p_2(t), \dots, p_k(t), \dots, p_n(t)) \quad (2)$$

Преобразование может быть представлено в виде:

$$r(t) = C [\sum_{k=1} L_k p_k(t)], \quad (3)$$

т.е. как результат воздействия оператора C на сумму индивидуальных преобразований L_k потоков $p_k(t)$.

В этом случае результат действия оператора L_k на входной поток $pk(t)$ рассматривается как подготовка (первичная обработка) информации, тогда как оператор C , отображающий взаимодействие потоков $pk(t)$, задает преобразование, которое будем называть централизованной обработкой информации. Обработка информации всегда предполагает реализацию определенного алгоритма, отображающего в сокращенной и компактной форме оператором преобразования.

Существуют два способа фиксации алгоритма – структурный и оперативный. При структурной фиксации алгоритма в преобразователе обращение к нему может быть выполнено в процессе автоматической обработки информации. Однако этот алгоритм не может быть изменен без соответствующей перестройки (изменения конструкции) преобразователя. Оперативный способ фиксации алгоритма предполагает у преобразователя наличие памяти, куда предварительно вводится алгоритм. В этом случае изменение алгоритма может осуществляться непосредственно в процессе автоматической обработки информации.

Операторы подготовки информации, как правило, отображают алгоритм обработки со структурным способом фиксации, а операторы централизованной обработки – алгоритм с оперативным способом фиксации.

3. Может быть выделена еще одна форма движения информации – управление, при котором поток информации $p(t)$ оказывает влияние на поток материальных объектов $m(t)$.

$$R\ p(t) \rightarrow m(t) \quad (4)$$

Оператор управления R содержит в себе эвристические звенья, т.е. реализуется людьми, находящимися на различных уровнях руководства в информационных системах управления, с помощью технических средств.

Выделение управления, как специфической формы движения информации, обуславливается, с одной стороны, частичной неформализуемостью оператора R , а с другой стороны, широким использованием преобразования вида (4) в том числе локальных подсистемах (диспетчерских подсистемах) информационных систем управления. Технические средства применяются для реализации оператора управления лишь в той мере, в какой формализуются отдельные части алгоритма, а носителем и реализатором неформализованных частей алгоритма управления выступает человек [5]. Таким образом, технические средства, с помощью которых люди реализуют алгоритм управления в диспетчерских подсистемах, следует относить к комплексному техническому обеспечению информационных систем управления только в том

случае, если они участвуют в решении общесистемных задач, то есть непосредственно связаны с комплексным техническим обеспечением [5].

Исходя из вышеизложенного, целевая функция комплексного технического обеспечения информационных систем управления состоит в выполнении задач системы по сбору, передаче и переработке заданных объемов информации в регламентируемые интервалы времени с требуемой степенью точности при минимизации приведенных затрат на создание и эксплуатацию технического комплекса.

Достижение целевой функции комплексного технического обеспечения осуществляется определенной организацией взаимодействия преобразователей информации, которые являются структурными элементами комплексного технического обеспечения, а их взаимодействие обеспечивается построением структуры комплексного технического обеспечения [4].

Со структурной точки зрения элементы (преобразователи) комплексного технического обеспечения разделяются на два вида:

а) элементы связи (каналы), которые осуществляют пространственную и временную коммуникацию всех других элементов структуры, то есть выполняют функции передачи информации;

б) активные элементы, оператор преобразования которых отображает функции обработки информации.

Структура комплексного технического обеспечения представляет собой определенную совокупность активных элементов, соединенных каналами. Простейшая структура состоит из двух активных элементов L_{a1} и L_{a2} , соединенных каналом Z (рисунок 2).

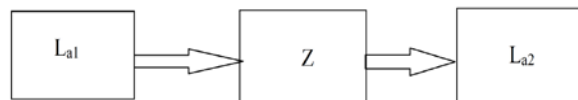


Рисунок 2. Простейшая структура комплексного технического обеспечения

Иерархия структуры комплексного технического обеспечения устанавливается по нарастанию сложности выполняемого преобразования. Активный элемент структуры L_{a1} считается расположенным на нижнем уровне иерархии по отношению к элементу L_{a2} , является более сложным.

Классификацию структур технических комплексов информационных систем управления можно осуществлять по многим признакам. Например, возможна классификация структур технического комплекса по методам организации вычислительных процессов (пакетная обработка, режим разделения времени и т.д.); по степени централизации обработки информации (цен-

трализованная одноступенчатая, двухступенчатая со специализированными ЭВМ для первичной обработки данных, многоступенчатая); по методам подготовки исходных данных: с внутренней подготовкой данных (вычислительный центр), с внешней подготовкой данных (у потребителей), в том числе с использованием концентраторов информации, буферных накопителей и т.д. Возможные структуры подобного рода исследуются в дальнейшем при рассмотрении подсистем комплексного технического обеспечения [4]. На данном этапе применительно к основным функциям комплексного технического обеспечения представляется целесообразным ограничиться более укрупненным рассмотрением структуры комплексного технического обеспечения в целом по функциональному признаку. В этом смысле наиболее типичной структурой комплексного технического обеспечения рассматриваемого класса информационных систем управления крупными организациями является трехуровневая древообразная структура (рисунок 3). В корне дерева расположены элементы локальных (диспетчерских) подсистем управления.

Установлены основные функции и структура комплексного технического обеспечения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Скрыпников А.В., Чернышова Е.В. Исследование задач проектирования комплексного технического обеспечения и обобщенная модель их решения // Вестник ВГУИТ. 2015. № 3(65). С. 62-67.
- 2 Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Землянухин М.Ю. Брандмаур в качестве инструмента реализации политики безопасности // Наука и образование: материалы VIII Международной научно-практической конференции, 19 марта 2015. Мюнхен: Вела Вальдкрайбург, 2015. С. 345-350.
- 3 Скляр В. А., Зольников В. К. Моделирование эффектов низкоинтенсивного ионизирующего излучения в СБИС // Моделирование систем и процессов. 2014. № 2. С. 35-37.
- 4 Меерсон В.Э., Юдин Р.В. Задача диагностики несанкционированных отборов целевого продукта в производственных корпорациях // Моделирование систем и процессов. 2012. №4. С. 58-64.
- 5 Меерсон В. Э. Методы решения статистического оценивания параметров состояния и структурного резервирования производственных корпораций // Моделирование систем и процессов. 2012. №2. С. 50-53.

Предложена классификация элементов структуры технического комплекса и способ их описания, общий для характеристик информационной базы информационных систем управления и технических устройств и базирующийся на понятии информационного потока.

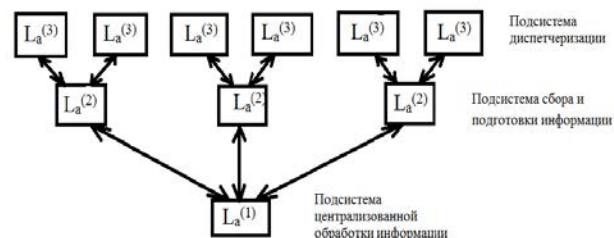


Рисунок 3. Трехуровневая древообразная структура комплексного технического обеспечения информационных систем управления

Сформулирована целевая функция комплексного технического обеспечения, которая заключается в выполнении задач информационных систем управления по сбору, передаче, накоплению и обработке заданных объемов информации с требуемой степенью точности в течение установленных интервалов времени при минимизации приведенных затрат на создание и эксплуатацию технического комплекса.

REFERENCES

- 1 Skrypnikov V.A., Chernyshova E.V. Study of the problems of designing complex technical components, and a generalized model of their solution. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET], 2015, no. 3(65), pp. 62-67. (In Russ.).
- 2 Skrypnikov V.A., Chernyshova E.V., Zemlyanuhin M.Ya. Firewall as a tool for implementing security policy. *Nauka i obrazovanie. Materialy VIII mezhdunarodnoi konferentsii* [Science and education: materials of the VIII International scientific-practical conference, March 19, 2015]. Munich, Vela Waldkraiburg, 2015. pp. 345-350. (In Russ.).
- 3 Sklyar V.A., Zol'nikov V.K. Modeling of the effects of low-intensity ionizing radiation in VLSI. *Modelirovanie sistem i protsessov*. [Simulation of systems and processes], 2014, no. 2, pp. 35-37. (In Russ.).
- 4 Meyerson V. E., Yudin R. V. Diagnostic unauthorized selection of the target product in industrial corporations. *Modelirovanie sistem i protsessov*. [Simulation of systems and processes], 2012, no. 4, pp. 58-64. (In Russ.).
- 5 Meyerson V.E. Methods for solving statistical estimation of state parameters and structural redundancy of production of corporations. *Modelirovanie sistem i protsessov*. [Simulation of systems and processes], 2012, no. 2, pp. 50-53. (In Russ.).

УДК 681.3

Начальник кафедры С.В. Белокуров, адъюнкт О.А. Кондратов,
(ВИ ФСИН России) кафедра МиЕНД. тел. 8 (473) 260–68–20
E-mail: BSVLabs@mail.ru

аспирант А.П. Сидельников,
(Воронеж. гос. технич. ун-т) кафедра СИБ. тел. (8473) 274-57-14

доцент Е.В. Белокурова
(Воронеж. гос. унив. инж. техн.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса.
тел. (473) 255-37-72
E-mail: zvezdamal@mail.ru

Head of the department S.V. Belokurov, graduate O.A. Kondratov,
(Voronezh, VI FPS Russia) Department of math and science disciplines.

phone 8 (473) 260-68-20
E-mail: BSVLabs@mail.ru

graduate A.P. Sidelnikov,
(Voronezh state technical university) Department of information security systems.
phone (8473) 274-57-14

associate professor E.V. Belokurova
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of service and restaurant business.
phone (473) 255-37-72.
E-mail: zvezdamal@mail.ru

Управление качеством функционирования механизмов защиты информации в инфокоммуникационных системах

Quality management operation mechanisms for the protection of information in the info-communication systems

Реферат. В статье представлен перечень объектов и необходимых процедур защиты от угроз нарушения доступности информации в условиях воздействия вредоносных программ в инфокоммуникационных системах и принципы концептуального проектирования механизмов антивирусной защиты, реализуемых в виде компонент комплекса программных средств защиты информации. Данная разработка позволяет сформулировать принципы концептуального проектирования механизмов антивирусной защиты, реализуемых в виде компонент комплекса программных средств защиты информации. Особенно ценна эта разработка для реализации процедур управления сложными организационно-техническими системами. Упорядочение обычно преследует одну или в каком-либо сочетании следующие цели (установки): рациональность, совершенствование системы. Целью рационального управления (например, противодействие вредоносным программам) является сохранение существующей структуры и параметров системы при некоторых ограничениях (например, ограничениях на вычислительные ресурсы). При невозможности обеспечить управление на рациональной основе, появляется необходимость изменения параметров (параметрический синтез) или поиска и выбора на множестве допустимых структур эффективной по заданным критериям структуры (структурный синтез). Отметим, что в данном случае речь идет об эффективности на определенном временном интервале, так как социальный и научно-технический прогресс объективно ведут к изменению критериев оценок эффективности.

Summary. The article presents the list of facilities and necessary procedures to protect against threats of violation of information availability in terms of exposure to malware in ICT systems and principles conceptual design of mechanisms, antivirus protection, implemented in the form of a component of a software complex for protection of information. This development allows us to formulate the principles of conceptual design of mechanisms, antivirus protection, implemented in the form of a component of a complex of software tools of information security. Special this valuable development for the implementation of procedures for the management of complex organizational-technical systems. Streamlining usually has one or any combination of the following objectives (attitudes): rationality, efficiency, improvement of the system. The aim of good governance (e.g. anti-malware) is the preservation of the existing structure and system parameters under certain constraints (e.g., constraints on computing resources). If you cannot provide the management on a rational basis, it becomes necessary to change the parameters (parametric synthesis) or search for and select the set of admissible structures effective on the criteria of structure (structural synthesis). Note that in this case we are talking about effectiveness for a given period of time, as social and scientific progress inevitably lead to a change of criteria effectiveness evaluation.

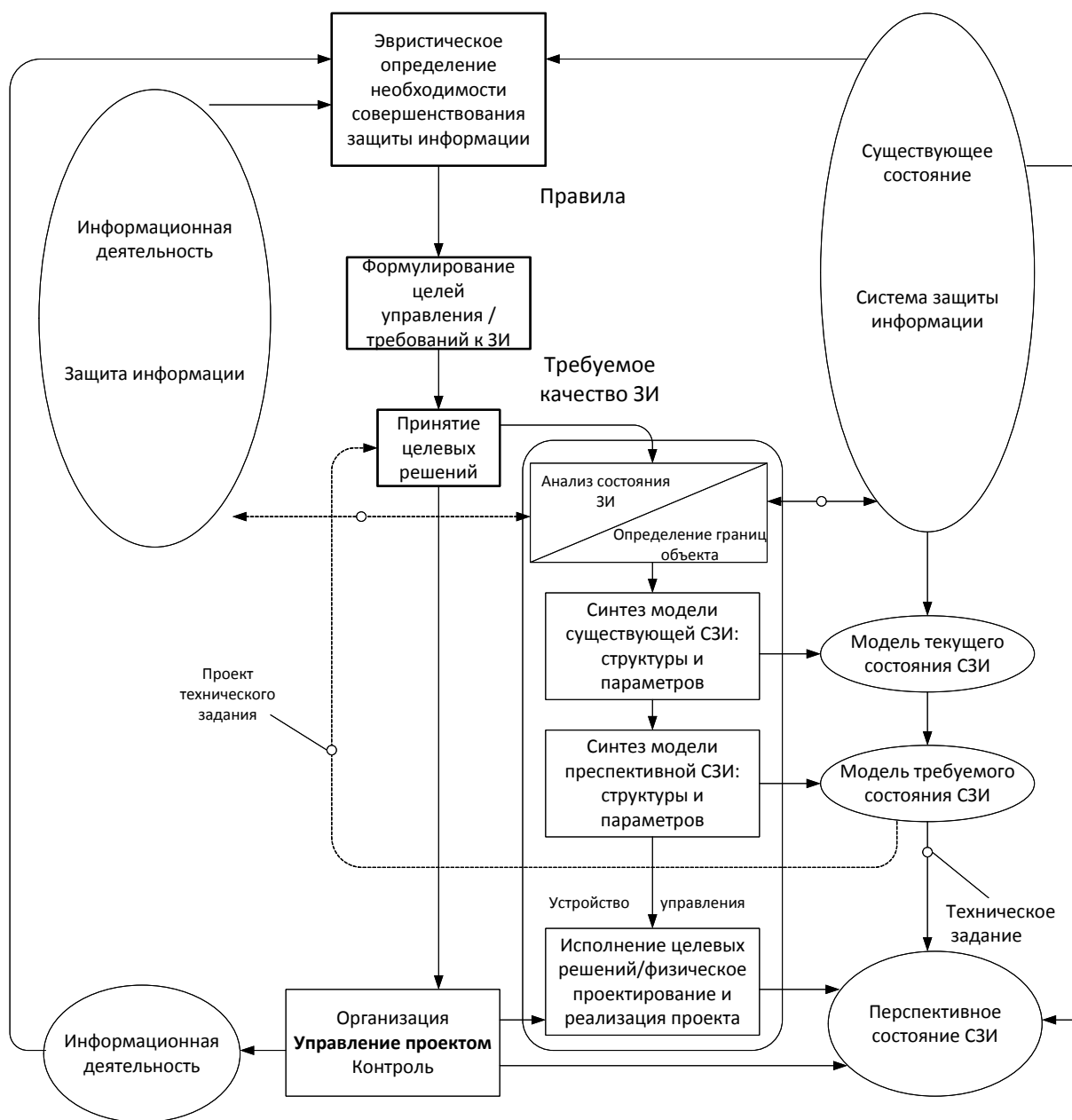
Ключевые слова: управление, защита информации, инфокоммуникационная система.

Keywords: management, information security, infocommunication system.

© Белокуров С.В., Кондратов О.А.,
Сидельников А.П., Белокурова Е.В., 2015

Несмотря на то, что вопросы совершенствования как методов математического моделирования, так и методов теории информационной безопасности являются чрезвычайно актуальными, специальные исследования применительно к проблематике моделирования механизмов антивирусной защиты в инфокоммуникационных системах (ИКС) в интересах их оптимизации носят крайне ограниченный характер.

Сформированный в [1] перечень объектов и необходимых процедур защиты от угроз нарушения доступности информации в условиях воздействия вредоносных программ в ИКС позволяет сформулировать принципы концептуального проектирования механизмов антивирусной защиты, реализуемых в виде компонент комплекса программных средств защиты информации (КПСрЗИ).



Условные обозначения:
 ЗИ - защита информации;
 СЗИ - система защиты информации

Рисунок 1. Цикл управления системой защиты информации

С системной точки зрения эти компоненты объединены в функционально ориентированные системы защиты информации (СЗИ). Следует отметить, что разработка такого рода мероприятий связана с реализацией процедур управления [2, 3]. Управление такими сложными организационно-техническими системами, как СЗИ, поддержание их динамического равновесия осуществляется в условиях непрерывных изменений их внутреннего состояния, состояния объекта информатизации, подсистемой которой является СЗИ, и внешней среды, обусловливающей угрозы информационной безопасности [2]. При этом управление стабилизирует или повышает эффективность системы, сохраняя неизменной ее целевую функцию [3]. Соотношение этих задач на различных этапах жизненного цикла СЗИ зависит от конкретных условий. Многочисленные авторы, исследовавшие проблемы управления в организационно-технических системах, определяют содержание управления как совокупность функций управления, составляющих управленческий цикл. Реализация управленческого цикла имеет целью упорядочение системы путем перевода ее из одного состояния в другое.

На рисунке 1 показан управленческий цикл, содержание функций управления которого интерпретируется как упорядочение СЗИ. Упорядочение обычно преследует одну или в каком-либо сочетании следующие цели (установки): рациональность, эффективность, совершенствование системы [3].

Рациональность предполагает стабильность как системы в целом, так и входящих в нее подсистем и элементов при воздействии среды.

Целью рационального управления (например, противодействие вредоносным программам) является сохранение существующей структуры и параметров системы при некоторых ограничениях (например, ограничениях на вычислительные ресурсы). При невозможности обеспечить управление на рациональной основе, появляется необходимость изменения параметров (параметрический синтез) или поиска и выбора на множестве допустимых структур эффективной по заданным критериям структуры (структурный синтез). Отметим, что в данном случае речь идет об эффективности на определенном временном интервале, так как социальный и научно-технический прогресс объективно ведут к изменению критериев оценок эффективности.

Управленческая установка совершенствования СЗИ реализуется при изменении целей и условий ее функционирования. Она предполагает создание такого механизма управления,

который обеспечивает развитие и совершенствование СЗИ как управляемой системы, изменение ее структуры и параметров в соответствии с динамикой целей и условий функционирования.

Таким образом, для совершенствования механизмов защиты информации система управления должна формировать критерии оценки и осуществлять структурный синтез, сохраняя при этом требования к рациональности и эффективности СЗИ. Желательное сочетание этих требований обеспечивает, с одной стороны, стабильность, а, с другой стороны, гибкость и приспособляемость СЗИ. Однако на практике различные управленческие установки иногда могут вступать в противоречие друг с другом.

Концептуальные позиции, с которых решаются эти противоречия, основываются на принципах системного подхода, сущность которого заключается в следующем [2]:

1) необходимость системного рассмотрения сущности проблемы, заключающегося в определении места проблемы защиты информации в информационном обмене, архитектуры системы защиты, выявлении полного множества значащих факторов, влияющих на эту систему и их взаимосвязь;

2) необходимость исследования или разработки не простых, частных задач, а разработка и обоснование полной и непротиворечивой концепции защиты информации, в рамках которой решение конкретной проблемы или задачи определяется как частный случай;

3) необходимость системного использования методов моделирования систем и процессов защиты информации;

4) для обеспечения надежной защиты должна быть создана регулярная система, важнейшим признаком которой является наличие управления.

В рамках кибернетики общие законы любого управления защитой информации могут быть представлены следующими положениями:

1) всякое управление есть целенаправленный процесс;

2) всякое управление есть информационный процесс, заключающийся в сборе, обработке и передаче информации;

3) всякое управление осуществляется в замкнутом контуре, образованном управляющим и управляемым объектами, объединенными в единую систему прямой и обратной линиями связи.

Фундаментальным достижением кибернетики является доказательство следующих двух положений:

1) перечисленные законы образуют систему, т.е. они должны рассматриваться в совокупности и взаимосвязи;

2) действие системы кибернетических законов носит всеобщий характер, они справедливы для систем любой природы: биологических, технических и организационных.

Рассмотрение процесса управления защитой информации необходимо начинать с анализа условий осуществимости данного управления.

При создании эффективной системы управления защитой информации необходимо выполнить условия, без которых система будет либо малоэффективной, либо управление вообще невозможно.

Условие 1. Система управления должна иметь реальную возможность изменять состояние безопасности информации в соответствии с принимаемыми решениями. Для этого нужны исполнительные органы, реализующие принятые системой управления решения.

Условие 2. Система управления должна располагать ресурсами, обеспечивающими реализацию выбранных управляющих воздействий.

Условие 3. Одним из условий осуществимости принятых решений является тщательный анализ структуры СЗИ, условий ее функционирования, воздействия внешних и внутренних дестабилизирующих факторов, необходимых ресурсов, реальности их получения и использования.

Условие 4. Система управления должна учитывать динамичность СЗИ как управляемой системы. Решение должно быть принято в такой момент времени, чтобы его реализация обеспечила желаемое изменение состояния системы не вообще, а к определенному сроку.

Условие 5. Для правильного выбора характера и интенсивности управляющих воздействий управляющая система должна знать цель — обеспечение требуемого уровня безопасности информации, обрабатываемой на объекте информатизации, а также критерии, по которым оценивается степень и эффективность ее достижения.

Условие 6. Необходимо не только иметь сведения о состоянии СЗИ до и к моменту получения ею управляющих воздействий, но и по возможности и прогнозировать как состояние внешней среды, так и поведение СЗИ под ее влиянием в будущем.

Для этого разработаны соответствующие методы моделирования СЗИ и процессов их функционирования. Процесс сбора данных о состояниях системы защиты информации, принятия решения и выработки управляющих воздействий составляет цикл управления, который можно представить следующей последовательностью этапов:

Этап 1. Накопление системой управления определенного объема данных о состоянии СЗИ, множестве потенциальных угроз и возможных каналов утечки информации, поступающих от запрашиваемых и незапрашиваемых источников.

Этап 2. Формирование множества показателей безопасности информации, анализ на основе данного множества существующего состояния СЗИ и формирование цели, как нового состояния, в которое данной системе желательно перейти.

Этап 3. Формирование множества возможных решений. При этом определяются все возможные способы или пути достижения поставленной цели.

Этап 4. Выбор из множества возможных решений наилучшего в смысле эффективности достижения цели.

Этап 5. Реализация принятого решения, в результате чего изменяется состояние СЗИ как управляемой системы.

Этап 6. Оценка результатов воздействия управляющих решений для возможного уточнения целей, критериев эффективности, множества возможных решений и методов выбора оптимального решения.

Анализ возможностей рассмотренных процедур по обеспечению защиты информации от угроз нарушения ее доступности позволяет выделить два принципиальных способа реализации механизмов защиты:

- 1) последовательное выполнение всей последовательности процедур с первой по шестую;
- 2) последовательное выполнение всей последовательности процедур с первой по шестую за исключением третьей процедуры.

В отличие от первого, второй способ является менее ресурсоемким из-за отсутствия в реализуемой последовательности процедуры идентификации угрозы нарушения доступности информации. Однако такое упрощение механизма защиты влечет за собой риск некорректного, из-за отсутствия необходимой идентифицирующей информации, восстановления целостности программного обеспечения, регулирующего доступ к информации в инфокоммуникационных системах.

Таким образом, в статье рассмотрен перечень объектов и необходимых процедур защиты от угроз нарушения доступности информации в условиях воздействия вредоносных программ в инфокоммуникационных системах и принципы концептуального проектирования механизмов антивирусной защиты, реализуемых в виде компонент комплекса программных средств защиты информации.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Минаев В.А., Скрыль С.В. Основы информационной безопасности: учебник для высших учебных заведений МВД России. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2001. 464 с.
- 2 Белокуров С.В., Скрыль С.В., Джоган В.К. и др. Методы и средства анализа эффективности систем информационной безопасности при их разработке: монография. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2012. 83 с.
- 3 Белокуров С.В., Скрыль С.В., Джоган В.К. и др. Модели и алгоритмы автоматизированного контроля эффективности систем защиты информации в автоматизированных системах: монография. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2012. 116 с.
- 4 Мистров Л.Е., Дерканосова А.А. Методы информационного воздействия при синтезе стратегий управления конкурентоустойчивостью социально-экономических организаций // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4 (58). С. 282-288.
- 5 Фролова Л.Н., Василенко В.Н., Копылов М.В., Дерканосова А.А. и др. Оптимизация параметров процесса получения биотоплива методами математического моделирования // Вестник Международной академии холода. 2015. № 3. С. 63-67.
- 6 Трунова С.Н. Комплексная методика оценки эффективности стратегического управления развитием сельскохозяйственной организации // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК-продукты здорового питания. 2015. № 2 (6). С. 89-96.

REFERENCES

- 1 Minaev V.A., Skryl' S.V. Osnovy informatsionnoi bezopasnosti [Fundamentals of Information Security: a textbook for higher educational institutions of the Russian Interior Ministry]. Voronezh, Voronezhskii institute MVD Rossii, 2001. 464 p. (In Russ.).
- 2 Belokurov S.V., Skryl' S.V., Joghan V.K. et al. Metody i sredstva analiza effektivnosti sistem [Methods and tools for analyzing the effectiveness of information security in their development: a monograph]. Voronezh, Voronezhskii institute MVD Rossii, 2012. 83 p. (In Russ.).
- 3 Belokurov S.V., Skryl' S.V., Joghan V.K. et al. Model ii algoritmy avtomatizirovannogo kontrolya effektivnosti [The models and algorithms for the automated control of the effectiveness of information security systems in automated systems: monograph]. Voronezh, Voronezhskii institute MVD Rossii, 2012. 116 p. (In Russ.).
- 4 Mistrov L.E., Derkanosova A.A. Methods of information influence the synthesis of management strategies socio-economic organizations. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of VSUET], 2013, no. 4 (58), pp. 282-288. (In Russ.).
- 5 Frolova L.N., Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Derkanosova A.A. et al. Optimization of the process parameters of biofuel production methods of mathematical modeling. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [International Academy of Refrigeration], 2015, no. 3, pp. 63-67. (In Russ.).
- 6 Trunov S.N. Complex method of estimating the efficiency of the strategic management of the development of agricultural organizations. *Tekhnologii pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti*. [Technology of food processing industry AIC - healthy food], 2015, no. 2 (6), pp. 89-96. (In Russ.).

УДК 675.03.031.81 : 577.15

Профессор С.В. Жернаков, аспирант Г.Н. Гаврилов

(Уфимский авиац. гос. тех. ун-т) кафедра электроники и биометрических технологий.

тел. 89373571952

E-mail: grigorijgavrilov@mail.ru

Professor S.V Zhernakov, graduate G.N Gavrilov

(Ufa state aviation technical university) Department of electronics and biometric technology.

phone 89373571952

E-mail: grigorijgavrilov@mail.ru

Детектирование вредоносного программного обеспечения с применением классических и нейросетевых методов классификации

Detection of malicious software using classical and neural network classification methods

Реферат. Постановка задачи: спектр задач, решаемых современными мобильными системами типа Android, постоянно растет. Это объясняется, с одной стороны, теми потенциальными возможностями, которые реализуются на аппаратном уровне, а также их интеграцией с современными информационными технологиями, которые в свою очередь гармонично дополняют и создают мощные аппаратно-программные информационные комплексы, способные выполнять множество функций: в том числе и защиты информации. Увеличение информационных потоков, сложность обрабатываемых процессов и самой аппаратно-программной составляющей таких устройств как Android, заставляют разработчиков создавать новые средства защиты, эффективно и качественно осуществляющие данный процесс. Это особенно актуально при разработке автоматизированных инструментальных систем, осуществляющих классификацию (кластеризацию) существующего программного обеспечения на два класса: безопасное и вредоносное программное обеспечение. Целью работы является повышение достоверности и качества распознавания современных встроенных средств защиты информации, а также обоснование и выбор методов, осуществляющих эти функции. Используемые методы: для реализации поставленной цели в работе анализируются и используются классические методы классификации, нейросетевые методы на основе стандартных архитектур, а также машина опорных векторов (SVM – машина). Новизна: в работе предложена концепция к использованию метода опорных векторов при идентификации вредоносного программного обеспечения, разработано методологическое, алгоритмическое и программное обеспечение, реализующее данную концепцию применительно к средствам мобильной связи. Результат: получены качественные и количественные характеристики программных средств защиты. Практическая значимость: предложена методика разработки перспективных систем защиты информации в мобильных средах типа Android. Представлен один из подходов к описанию поведенческого характера вредоносного программного обеспечения (на основе следующих действий вируса: отсутствует – просыпается – анализ слабых мест – действие: здоровый режим или атаки (угрозы)).

Summary. Formulation of the problem: the spectrum of problems solved by modern mobile systems such as Android is constantly growing. This is because on the one hand by the potential opportunities that are implemented in hardware, as well as their integration with modern information technologies, which in turn harmoniously complement and create powerful hardware and software information systems, capable of performing many functions, including protection of information boards. Increasing the flow of information, complexity of the processes and of the hardware and software component devices such as Android, forcing developers to create new means of protection, efficiency and qualitative performing the process. This is especially important in the development of automated systems instrumental performing classification (clustering) of existing software into two classes: safe and malicious software. The aim is to increase the reliability and quality of recognition of modern built-in security of information, as well as the rationale and the selection methods of carrying out these functions. The methods used are: to accomplish the goals are analyzed and used classical methods of classification, neural network method based on standard architectures, and support vector machine (SVM - machine). Novelty: The paper presents the concept of the use of support vector in identifying deleterious software developed methodological, algorithmic and software that implements this concept in relation to the means of mobile communication. Result: The obtained qualitative and quantitative characteristics-security software. Practical value: the technique of development of advanced information security systems in mobile environments such as Android. It presents an approach to the description of behavioral malware (based on the following virus: none - wakes - Analysis of weaknesses - the action: a healthy regime or attack (threat)).

Ключевые слова: Android, кластеризация, мобильные системы, классификация, программное обеспечение, обучающая выборка, иерархический метод, машина опорных векторов, нейронные сети.

Ключевые слова: Android, clustering, mobile systems, classification, software, training sample, a hierarchical method, support vector machine, neural networks.

Актуальность

За короткий период времени, система Android стала самой популярной мобильной платформой в мире. Изначально разработанная для смартфонов, на сегодняшний день она присутствует в мощных планшетах, телевизорах и вероятно будет интегрирована в системы управления сложными технологическими объектами. Android разрабатывается быстрыми темпами, в среднем две версии в год. Каждая новая версия получает улучшенный интерфейс, высокую производительность и множество новых пользовательских функций [1].

Одним из важных аспектов Android платформы является ее безопасность. На протяжении многих лет Android совершенствовал собственные встроенные средства защиты.

С изменением программно-аппаратной составляющей средств мобильной связи меняются способы захвата и передачи ценной информации злоумышленниками (меняется код вредоносных программ, а цели и задачи, реализующие, их остаются прежними). Метод сигнатурного анализа, реализованный в большинстве антивирусных программах, показал свою высокую эффективность при обнаружении и обезвреживании известных вирусных сигнатур, однако при появлении новых вредоносных программ, отличающихся своим поведенческим характером, их возможности становятся ограниченными. С целью увеличения качества обнаружения нового вредоносного программного обеспечения, отсутствующего в базе сигнатур, возникает необходимость и актуальность в применении новых интеллектуальных методов, опирающихся на анализ поведения вредоносного программного обеспечения. В данной работе были применены классические методы классификации программного обеспечения на основе выявленных свойств, присущих вредоносному и безопасному программному обеспечению, а также выполнен сравнительный анализ работы классических методов с машиной опорных векторов и нейросетевыми методами. Для мобильного устройства Android эти результаты являются актуальными, так как применительно к ним еще мало изучены. Анализ отечественных и зарубежных публикаций [9, 10, 11] по данной тематике показывает, что такие работы активно ведутся, однако в них отсутствует практические рекомендации, а также качественные и количественные характеристики разработанных программных проектов для систем комплексной защиты средств мобильной связи типа Android.

Постановка задачи для классических методов

Пусть X — множество объектов — программ, Y — множество примеров (virus, ok) кластеров. Классификация осуществляется на основе двух классов virus и ok. В качестве метрики выбрано Евклидово расстояние между объектами

$$p(x, x') = \left(\sum_{i=1}^n (x_i - x'_i)^2 \right)^{1/2}.$$

Задана конечная экспериментальная выборка объектов $X^m = \{x_1, \dots, x_m\} \subset X$. Требуется разбить выборку на непересекающиеся подмножества, называемые кластерами так, чтобы каждый кластер состоял из объектов, близких по метрике p , а объекты разных кластеров существенно отличались. При этом каждому объекту $x_i \in X^m$ приписывается номер кластера y_i [4, 5, 6].

Решение задачи

Требуется определить функцию $a: X \rightarrow Y$, которая любому объекту $x \in X$ ставит в соответствие номер кластера $y \in Y$. Множество Y в некоторых случаях известно заранее, однако чаще ставится задача определить оптимальное число кластеров, с точки зрения того или иного критерия качества кластеризации. В качестве основных критериев были выбраны такие, которые наиболее часто используются при разборе и анализе свойств, присущих поведению вредоносного и безвредного программного обеспечения:

- Наличие txt файла содержащего списки номеров (например, smsc.txt (7921, 7923, 7924 и т.д.));
- Наличие обфускации кода;
- Класс отвечающий за шифрование File Encryptor (context);
- Наличие класса Telephony;
- Наличие класса SmsReceiver;
- Наличие класса SmsBlockerThread;
- Наличие субкласса SmsBlockerThread;
- Наличие файла в базе сигнатур;
- Разрешения на использование сервисов системы Android.

Для решения поставленной задачи и выявления основных свойств, по которым осуществляться классификация, в данной задаче: необходимо выполнить формализацию, провести анализ и классификацию возможных состояний средства мобильной связи типа Android в условиях комплексной защиты информации.

Формализация задачи

Установка любой программы на мобильное устройство связи типа Android сопряжено с тремя основными этапами:

1. Поиск программы в интернете и при успешном обнаружении его передача через соответствующие носители на устройство.

2. Запуск файла программы с расширением apk.

3. Установка программы.

На первом этапе по запросу пользователя осуществляется поиск необходимого приложения (от игровой программы до профессионального приложения). На втором этапе, в соответствии с запрашиваемым приоритетом и необходимых сервисов, осуществляется его установка.

На третьем этапе, после подтверждения соответствующего приоритета пользователем (параллельно с его действиями в основном режиме) вредоносное программное обеспечение беспрепятственно проникает на мобильное устройство “железо” и внедряется в среду операционной системы с соответствующими правами доступа и разрешениями.

Для ликвидации указанного недостатка в настоящее время используются современные интеллектуальные методы, включающие два рубежа защиты [2]:

1. Анализ разрешений.
2. Анализ вредоносного кода.

В данной работе рассмотрим более подробно второй этап. Проведя предварительно анализ и присвоив программе тип проверяемого приложения.

Формализация вредоносного программного обеспечения осуществляется в три этапа:

1. Анализ манифеста и ресурсов приложения Android.

2. Декомпиляция.

3. Анализ кода.

Например, программа SimpleLocker имеет одну из особенностей [3].

Присутствуют ресиверы (метки):

.ServiceStarter
android.intent.action.BOOT_COMPLETED
.SDCardServiceStar

android.intent.action.ACTION_EXTERNAL_APPLICATIONS_AVAILABLE

Используются следующие основные службы:

.MainService
org.torproject.android.service.TorService
org.torproject.android.service.ITorService

org.torproject.android.service.TOR_SERVICE

Анализ конкретной программы позволил установить, что вирус работает с сетевым приложением TOR, а также с внешней памятью. Дальнейшая манипуляция с данной программой позволила выявить наиболее характерные особенности: объективная и важная информация находится в папке ges/raw; кроме этого были обнаружены два замаскированных архивных файла с расширением mp3, которые являлись основой сетевой программы. Формализация и анализ работы мобильного устройства типа Android позволили на аппаратном и программном уровнях выделить основные свойства, присущие “поведенческому характеру” вредоносного программного обеспечения.

Классификация вредоносного программного обеспечения на основе выявленных признаков

Фрагмент экспериментальной выборки включает в себя перечень всех возможных разрешений на использование того или иного сервиса, который могут запрашиваться при установке программ в мобильном устройстве типа Android, представленные в бинарном виде. Общее количество разрешений 162. Анализ каждого выявляемого свойства ассоциируется с профилем поведения мобильной системы, а, следовательно, с функционированием вредоносного и безвредного программного обеспечения. При этом заранее известно, что если при многообразии разрешений вирус присутствует, он соответствует значению 1 на рисунке 1 и 0 в противном случае.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	160	161	162	163
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	1	1	1	ok
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	ok
3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	virus
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	...	1	1	1	virus
5	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	...	1	1	1	virus
6	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0	virus
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	...	0	0	0	virus
8	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0	virus
9	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0	virus
10	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	...	1	1	1	ok
11	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	...	1	1	1	ok
12	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	...	0	0	0	ok
13	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0	ok(?)
14	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	...	0	0	0	virus(?)
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
95	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	...	0	0	0	virus(?)
96	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	...	0	0	0	virus(?)
97	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	...	0	0	0	virus(?)
98	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	...	1	0	0	ok(?)
99	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	...	1	1	0	ok(?)
100	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	...	0	0	0	ok(?)

Рисунок 1. Фрагмент экспериментальных данных

В качестве критерия точности и качества работы классификатора методов (иерархической классификации, метода К-средних, машины опорных векторов и нейронных сетей) будем использовать следующую формулу:

$$OK = \frac{ЧО \times 100\%}{ЧН}, \quad (1)$$

где ОК – общий процент, как вредоносного, так и безвредного программного обеспечения ошибки классификации; ЧН – суммарное число наблюдений; ЧО – число ошибок классификации.

Проведя анализ каждого выявленного свойства, были составлены профили поведения как вредоносного, так и безвредного программного обеспечения. Для представления были использованы бинарные значения 1 – присутствует и 0 – отсутствует.

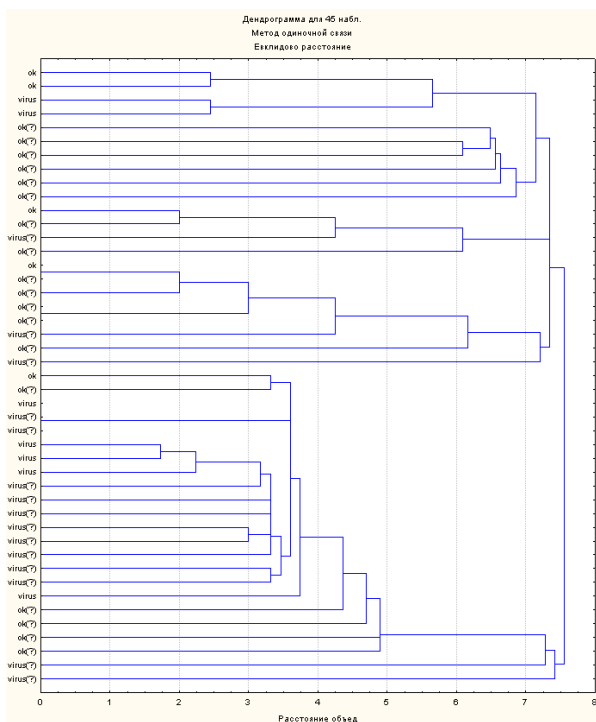


Рисунок 2. Результат работы метода иерархической классификации

Результаты работы одного из “классических” методов - иерархической классификации - приведены на рисунке 2. Анализ дендрограммы позволяет констатировать следующее: экспериментальные данные по итогам решения задачи были поделены на два множества. Каждое множество содержит как безвредные, так и вредоносные программы. Количество ошибок первого рода, когда множество безвредных программ содержит вирусы равно 22 %, ошибки второго рода, когда множество вредонос-

ных программ функционирует исправно (вирусы не обнаружены) равно 26 %.

Результаты работы приведены в таблице 1 для метода К – средних.

Т а б л и ц а 1

Результаты классификации методом К – средних

кластер 1	кластер 2
ok	ok
virus	virus
virus	virus
virus	ok
virus	ok
virus	ok
virus (?)	ok (?)
virus (?)	virus (?)
virus (?)	virus (?)
virus (?)	ok (?)
virus (?)	ok (?)
virus (?)	ok (?)
virus (?)	ok (?)
virus (?)	virus (?)
virus (?)	ok (?)
ok (?)	ok (?)
virus (?)	ok (?)
virus (?)	ok (?)
virus (?)	ok (?)
ok (?)	ok (?)
ok (?)	ok (?)
ok (?)	ok (?)
ok (?)	

В процессе проведенного эксперимента было установлено, что кластеры содержат вредоносные и безвредное программное обеспечение. Качество распознавания классических методов (иерархической классификации и К – средних) одинаковое: ошибки I рода – 26 %, ошибки II рода – 22 %, что говорит о невысокой точности работы методов. Дальнейший анализ этих методов показывает, что с увеличением количества помех (внешних и внутренних факторов в виде аддитивной или мультипликативной составляющей экспериментальной выборки) точность классификатора падает.

Применение машины опорных векторов показало его высокую эффективность в качестве классификатора:

Количество ошибок I рода – 0 %, ошибок II рода – 12 %. В результате можно утверждать, что машина опорных векторов показала лучший результат по сравнению с классическими методами.

Нейронные сети, в отличие от статистических методов многомерного классификационного анализа, базируются на параллельной обработке информации и обладают

способностью к самообучению, то есть получению обоснованного результата на основании данных, которые не встречались в процессе обучения. Эти свойства позволяют нейронным сетям решать сложные задачи, которые на сегодняшний день считаются трудноразрешимыми [8, 13, 15].

Для эффективного использования нейронных сетей необходимо наличие достаточного объема обучающей выборки, используя которую нейронную сеть можно обучить.

Выбор архитектура нейронной сети выполняется в соответствии с типом решаемой задачей. Для классификации подходят: многослойный персептрон, радиально базисная функция, вероятностные нейронные сети и сети Кохонена [10, 14].

Аргумент функции активации каждого скрытого узла сети радиальной базисной функции представляет собой Евклидову норму между входным вектором и центром радиальной функции. Аргумент функции активации каждого скрытого узла сети многослойного персептрона является скалярным произведением входного вектора и вектора синаптических весов данного нейрона.

На рисунках 3-4 указана архитектура построенных сетей с указанием активации каждого нейрона для того наблюдения, которое было задано. Интенсивность окраса нейронов соответствует их активациям, показывая визуальную индикацию активности каждой сети.

Нейронные сети, которые мы применили для классификации:

- Многослойный персептрон – указана активации каждого нейрона для наблюдения №1.

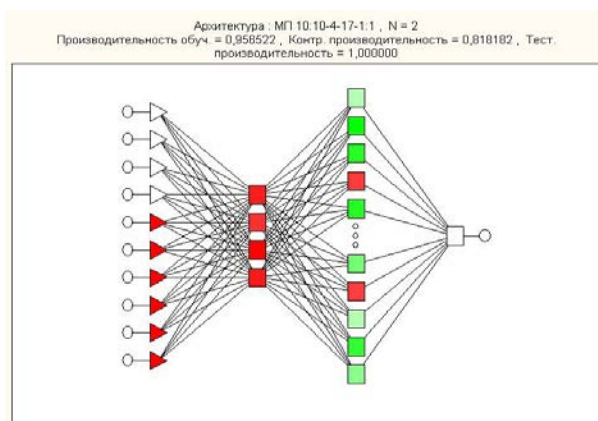


Рисунок 3. Архитектура многослойного персептрона

- Радиально базисная функция – указана активации каждого нейрона для наблюдения №1.

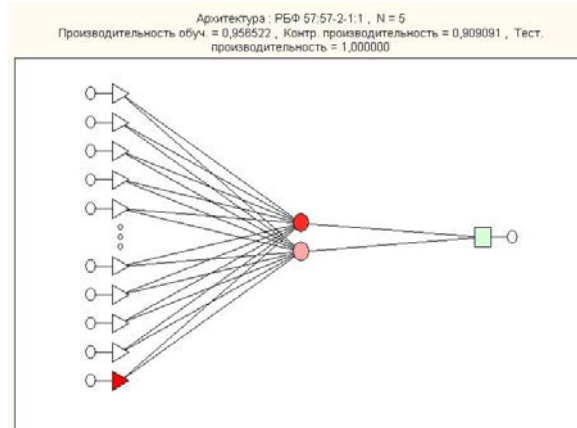


Рисунок 4. Архитектура радиально базисной функции

На рисунках также представлены: производительность обучения в целом, производительность обучения по контрольной выборке, производительность обучения по тестовой выборке, а также представлена информация о структуре нейронной сети количество входов и скрытых слоев.

Результатом работы различных архитектур нейронных сетей приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Сравнительный анализ результатов классификации нейронных сетей

№	Эталонная модель	МП (10-4-17)	РБФ (57-2-1)
1	ok	ok	ok
2	ok	ok	ok
3	virus	virus	virus
4	virus	virus	virus
5	virus	virus	virus
6	virus	virus	virus
7	virus	virus	virus
8	virus	virus	virus
9	virus	virus	virus
10	ok	ok	ok
11	ok	ok	ok
12	ok	ok	ok
13	ok	virus	ok
14	virus	virus	virus
15	virus	virus	virus
16	virus	ok	virus
17	ok	ok	ok
18	ok	ok	ok
19	ok	ok	ok
20	ok	ok	ok
21	virus	virus	virus
22	virus	virus	virus
23	virus	virus	virus
24	virus	virus	virus
25	ok	ok	ok

Продолжение табл. 2

26	ok	virus	ok
27	virus	virus	virus
28	virus	virus	virus
29	ok	ok	ok
30	virus	virus	virus
31	ok	ok	ok
32	ok	ok	ok
33	ok	ok	ok
34	ok	ok	ok
35	virus	virus	virus
36	virus	virus	virus
37	ok	ok	ok
38	ok	ok	ok
39	virus	virus	virus
40	virus	virus	virus
41	virus	virus	virus
42	ok	ok	ok
43	ok	ok	ok
44	ok	ok	virus
45	ok	ok	virus

Анализ решаемой задачи классификации на основе нейросетевых методов показывает, что лучший результат показали РБФ – сети (рисунок 5). На рисунке 5 отображены результаты проделанных экспериментов, ошибки первого и второго рода.

	Иерархическая классификация		К – средних		Машина опорных векторов		МЛ (10-4-17-1)		РБФ (57-2-1)	
	ok	virus	ok	virus	ok	virus	ok	virus	ok	virus
Всего	23	22	23	22	23	22	23	22	23	22
Правильно	17	15	17	15	19	22	21	21	21	22
Ошибочно	5	6	6	5	4	0	2	1	2	0
% правильных	78	74	74	78	88	100	91,3	95,45	91,3	100
% ошибочных	22	26	26	22	12	0	8,69	4,5	8,69	0

Рисунок 5. Результаты работы классических и нейросетевых методов классификации

Выводы

1. В процессе сравнительного анализа классических и нейросетевых методов классификации для задачи идентификации “поведенческого характера” вируса в мобильных

ЛИТЕРАТУРА

1 Six J. Application Security for the Android Platform. Processes, Permissions, and Other Safeguards. CA, O'Reilly Media, 2011. 2 p.

2 Жеранков С.В., Гаврилов Г.Н. Выявление вредоносных программ с использованием современного интеллектуального метода на этапе установки // XIII Международная научно-практическая конференция: Научные перспективы XXI века. Достижения и перспективы нового столетия, Новосибирск, 10–11 июля 2015 г. Новосибирск: Изд-во Международный научный Институт “Educatio”, 2015. С. 134–138.

средствах связи типа Android установлено, что наилучшими качественными и количественными характеристиками обладают нейросетевые методы на основе архитектур РБФ и SVM – машины (машины опорных векторов).

2. Нейронная сеть находит лишь один из возможных способов разделения классов, который, не всегда является оптимальным, а машина опорных векторов реализует разделяющую поверхность, наиболее удаленную от всех разделяемых точек. Таким образом, можно предположить, что качество распознавания новых примеров у машины опорных векторов выше, чем у нейронной сети. Критерий останова для обучения нейронной сети – нулевая ошибка на обучающем множестве, а критерий останова для метода опорных векторов – близость построенной разделяющей гиперплоскости к оптимальной.

3. Основное отличие машины опорных векторов от нейронных сетей заключается в том, что для нейронных сетей количество настраиваемых коэффициентов должно априорно задаваться пользователем на основании некоторых эвристических соображений. В методе опорных векторов количество настраиваемых параметров автоматически определяется во время настройки и обычно меньше, чем число векторов в обучающей последовательности. Ненулевыми остаются коэффициенты у опорных векторов, с помощью которых строится разделяющая гиперплоскость.

4. Реализация машины опорных векторов на нейронной сети дает дополнительные возможности при решении задачи классификации, так как повышает устойчивость метода к шумам исходных данных за счет робастности нейронных сетей.

Недостатком метода опорных векторов является неустойчивость по отношению к шуму в исходных данных. Шумовые выбросы обучающей выборки будут существенным образом учтены при построении разделяющей гиперплоскости [7].

3 Бояркин А., Набиев Н. Анализ Simplelocker-a - вируса-вымогателя для Android [Электронный ресурс] М.: ТМ, 2014. Режим доступа: <http://habrahabr.ru/company/pentestit/blog/237207/> (23.08.2015).

4 Воронцов К. Методы кластеризации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.MachineLearning.ru/wiki?title=User:Vokov> (26.08.2015).

5 Кластерный анализ (кластеризация) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://statistica.ru/glossary/general/klasternyy-analiz-klasterizatsiya/> (01.09.2015).

6 Котельников Е., Козвонина А. Параллельная реализация машины опорных векторов с использованием методов кластеризации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ict.informika.ru/vconf/files/11508.pdf> (03.09.2015).

7 Любимов Н., Михеев Е., Лукин А. Сравнение алгоритмов кластеризации в задаче диктора [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.researchgate.net/publication/267690636> (03.09.2015).

8 Черезов Д., Тюкачев Н. Обзор основных методов классификации и кластеризации данных [Электронный ресурс] // Вестник ВГУ. 2009. Режим доступа: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2009/02/2009-02-05.pdf> (05.09.2015).

9 Sanz B., Santos I., Nieves J., Laorden C. et al. MADS: Malicious android applications detection through string analysis [Electronic recourse] // Network and System Security, Springer Berlin Heidelberg. 2011. V. 5. Available at: http://www.researchgate.net/publication/256194745_MADS_Malicious_Android_Applications_Detection_through_String_Analysis (Accessed 08 March 2015).

10 Fan Yuhui, Xu Ning The Analysis of Android Malware Behaviors [Electronic recourse] // International Journal of Security and Its Applications. 2015. V. 9. № 3. Available at: http://www.sersc.org/journals/IJSIA/vol9_no3_2015/25.pdf (Accessed 08 March 2015).

11 Arp D., Spreitzenbarth M., Hubner M., Gascon H. et al. DREBIN: Effective and Explainable Detection of Android Malware in Your Pocket [Electronic recourse] // NDSS Symposium 2014, Switzerland. 2014. V. 4. № 1. Available at: <https://user.informatik.uni-goettingen.de/~kriec/doc/s/2014-ndss.pdf> (Accessed 08 March 2015).

12 Донцова Л., Донцов Е. Сравнение метода опорных векторов и нейронной сети при прогнозировании банкротства предприятий. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://urf.podelise.ru/docs/1100/index-78995.html> (08.09.2015).

13 Нейронные сети [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.statlab.kubsu.ru/sites/project_bank/nural.pdf (14.11.2015).

14 Боровиков В.П. Нейронные сети. Statistica Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных. М.: Физматлит, 2009. 392 с.

15 Нейронные сети [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stneunet.html> (15.11.2015).

1 Six J. Application Security for the Android Platform. Processes, Permissions, and Other Safeguards. CA, O'Reilly Media, 2011. 2 p.

2 Zherankov S.V. Gavrillov G.N. Identify malware using advanced predictive method during installation. XIII Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Nauchnye perspektivy XXI veka [XIII International Scientific-Practical Conference: Scientific Perspectives XXI century. Achievements and prospects of the new century. Publishing House of International Scientific Institute "Educatio"]. 2015. pp. 134-138. (In Russ.).

3 Boyarkin A., Nabiyeu N. Analiz Simplelocker-a – virusa-vymogatelya Android [Analysis Simplelocker-a - virus-extortionist for Android. M.: TM, 2014]. Available at: <http://habrahabr.ru/company/pentestit/blog/237207/> (Accessed 23 October 2015). (In Russ.).

4 Vorontsov K. Metody klasterizatsii [Clustering methods]. Available at: <http://www.MachineLearning.ru/wiki?title=User:Vokov> (Accessed 26 October 2015). (In Russ.).

5 Klasternyi analiz [Cluster analysis (clustering)]. Available at: <http://statistica.ru/glossary/general/klasternyy-analiz-klasterizatsiya/> (Accessed 23 October 2015). (In Russ.).

6 Kotelnikov E., Kozvonina A. Parallel'naya realizatsiya mashiny opornykh vektorov s ispol'zovaniem metodov klasterizatsii [Parallel implementation of support vector machines using clustering methods]. Available at: <http://ict.informika.ru/vconf/files/11508.pdf> (Accessed 3 October 2015). (In Russ.).

7 Lyubimov N. Mikheyev E. Lukin A. Sravnenie algoritmov klasterizatsii v zadache diktora [Comparison of clustering algorithms in the problem of the speaker. Available at: <http://www.researchgate.net/publication/267690636>] (Accessed 3 October 2015). (In Russ.).

8 Cherezov D., Tyukachev N. Obzor osnovnykh metodov klassifikatsii i klasterizatsii dannykh [Overview main methods of data classification and clustering. Voronezh Bulletin MAD. 2009. 2014]. Available at: <http://www.vestnik.vsu.ru/pdf/analiz/2009/02/2009-02-05.pdf> (Accessed 5 October 2015). (In Russ.).

9 Sanz B., Santos I., Nieves J., Laorden C. et al. MADS: Malicious android applications detection through string analysis. Network and System Security, Springer Berlin Heidelberg, 2011, vol. 5, no. Available at: http://www.researchgate.net/publication/256194745_MADS_Malicious_Android_Applicat

ions_Detection_through_String_Analysis (Accessed 08 March 2015).

10 Fan Yuhui, Xu Ning The Analysis of Android Malware Behaviors. International Journal of Security and Its Applications, Australia, 2015, vol. 9, no. 3. Available at: http://www.sersc.org/journals/IJSIA/vol9_no3_2015/25.pdf (Accessed 08 March 2015).

11 Arp D., Spreitzenbarth M., Hubner M., Gascon H. et al. DREBIN: Effective and Explainable Detection of Android Malware in Your Pocket. NDSS Symposium 2014, Switzerland, 2014, vol. 4, no. 1. Available at: <https://user.informatik.uni-goettingen.de/~kriek/docs/2014-ndss.pdf> (Accessed 08 March 2015).

12 Dontsova L., Dontsov E. Sravnenie metoda opornykh vektorov i neironnoi seti pri prognozirovanii [Comparison of the support vector

machine and the neural network in predicting bankruptcy]. Available at: <http://urf.podelise.ru/docs/1100/index-78995.html> (Accessed 8 October 2015). (In Russ.).

13 Neironnye seti [Neural networks]. Available at: http://www.statlab.kubsu.ru/sites/project_bank/nural.pdf (Accessed 14 November 2015). (In Russ.).

14 Borovikov V.P. Neironnye seti [Neural networks. Statistica Neural Networks. Methodology and technology of modern data analysis. Classical and neural network classification methods]. Moscow, FIZMATLIT, 2009. 392 p. (In Russ.).

15 Neironnye seti [Neural networks]. Available at: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stneunet.html> (Accessed 15 November 2015). (In Russ.).

УДК 675.03.031.81 : 577.15

Профессор А.В. Скрыпников, аспирант Е.В. Чернышова,
магистр Р.В. Стукалов, магистр Н.В. Ширинкин
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационной безопасности.
тел. (473) 255-65-11
E-mail: kaf-inf-bez@mail

Professor A.V. Skrypnikov, graduate E.V. Chernyshova,
master student R.V. Stukalov, master student N.V. Shirinkin
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information security.
phone (473) 255-65-11
E-mail: kaf-inf-bez@mail

Исследование задач проектирования комплексного технического обеспечения и обобщенная модель их решения

Research of problems of design of complex technical providing and the generalized model of their decision

Реферат. В данной работе развиваются общие идеи метода В.И. Скурихина с учетом указанных особенностей и более подробно рассматриваются вопросы анализа и синтеза комплекса технических средств, с доведением их до уровня, пригодного для использования в инженерной практике проектирования информационных систем управления. В работе сформирован общий системный подход к решению вопросов выбора технических средств информационной системы управления, разработана общая методика системного анализа и синтеза комплекса технических средств и его подсистем, обеспечивающих достижение экстремального значения критерия эффективности функционирования технического комплекса информационной системы управления. Основное внимание уделено прикладной стороне системных исследований комплексного технического обеспечения, в частности, определению критериев качества функционирования технического комплекса, разработке методов анализа информационной базы информационной системы управления и определения требований к техническим средствам, а также методов структурного синтеза основных подсистем комплексного технического обеспечения. Таким образом, целью является исследование на основе системного подхода комплексного технического обеспечения информационной системы управления и разработка ряда методов анализа и синтеза комплексного технического обеспечения, пригодных для использования в инженерной практике проектирования систем. Известный парадокс разработки информационных систем управления состоит в том, что параметры системы, а, следовательно, и требования к комплексному техническому обеспечению, не могут быть строго обоснованными до разработки алгоритмов и программ, и наоборот. Возможным способом преодоления этих трудностей является прогнозирование структуры и параметров комплексного технического обеспечения для конкретных информационных систем управления на ранних стадиях разработки, с последующим уточнением и детализацией их по мере разработки и уточнения других подсистем информационных систем управления, т.е. решение вопросов разработки комплексного технического обеспечения в условиях неполноты данных об информационной базе системы.

Summary. In this work the general ideas of a method of V. I. Skurikhin taking into account the specified features develop and questions of the analysis and synthesis of a complex of technical means, with finishing them to the level suitable for use in engineering practice of design of information management systems are in more detail considered. In work the general system approach to the solution of questions of a choice of technical means of the information management system is created, the general technique of the system analysis and synthesis of a complex of the technical means and its subsystems providing achievement of extreme value of criterion of efficiency of functioning of a technical complex of the information management system is developed. The main attention is paid to the applied party of system researches of complex technical providing, in particular, to definition of criteria of quality of functioning of a technical complex, development of methods of the analysis of information base of the information management system and definition of requirements to technical means, and also methods of structural synthesis of the main subsystems of complex technical providing. Thus, the purpose is research on the basis of system approach of complex technical providing the information management system and development of a number of methods of the analysis and the synthesis of complex technical providing suitable for use in engineering practice of design of systems. The well-known paradox of development of management information consists of that parameters of the system, and consequently, and requirements to the complex hardware, can not be strictly reasonable to development of algorithms and programs, and vice versa. The possible method of overcoming of these difficulties is prognostication of structure and parameters of complex hardware for certain management information on the early stages of development, with subsequent clarification and working out in detail of them as far as development and clarification of other subsystems of management information, i.e. decision of questions of development of complex hardware in the conditions of incompleteness of data about the infobase of the system.

Ключевые слова: информационная система управления, комплексное техническое обеспечение

Keywords: management information system, complex technical supply

© Скрыпников А.В., Чернышова Е.В.,
Стукалов Р.В., Ширинкин Н.В., 2015

К настоящему времени указанная выше группа вопросов разработана весьма слабо, имеющиеся результаты обнаруживают четкую тенденцию поисков решения рассматриваемой проблемы в рамках системного подхода, однако применимы, как правило, при условии полной разработки информационной базы системы. Наибольший интерес, по нашему мнению, представляет работа В.И. Скурихина [1], в которой определяются показатели эффективности системы управления и их связь со структурой систем управления, разработан метод определения оптимальной структуры систем, в основу которого положены идеи последовательного анализа вариантов. Суть метода В.И. Скурихина состоит в том, что из множества вариантов структур выделяется подмножество, содержащее оптимальный и субоптимальный варианты структур по критериям Т и С (время и затраты). Однако предложенный метод предусматривает построение структур систем управления в целом, что оправдано для информационных систем управления предприятиями, но практически весьма затруднительно для таких систем, как информационные системы управления крупными организациями. Учитывая сложность комплексного технического обеспечения рассматриваемого класса информационных систем управления, представляется целесообразным определять не сразу всю структуру комплексного технического обеспечения в целом, т.к. при этом возможны значительные субъективные ошибки, а использовать метод отбора вариантов по выбранному критерию для каждой части комплексного технического обеспечения. Для этого необходимо разбить весь комплекс на взаимосвязанные части (подсистемы) и устанавливать перечень возможных вариантов для каждой части комплексного технического обеспечения с обязательным определением существенных связей между подсистемами. Данный способ (с применением декомпозиции комплексного технического обеспечения) предпочтительнее задания вариантов целых структур, т.к. подсистемы более обозримы, количество элементов ограничено и может быть точно определено, возможно привлечение специалистов по данному узкому вопросу и т.д., однако в этом случае необходимо учитывать взаимосвязи между подсистемами КТО, а также их информационную и аппаратную совместимость.

Разработка комплексного технического обеспечения информационных систем управления включает решение следующего перечня основных задач:

1. Построение информационной структуры информационной системы управления, т.е. временного и пространственного распределения информационных потоков, определение взаимосвязей и динамики взаимодействия комплексного технического обеспечения и информационной базы системы управления.

2. Задание требований информационной системы управления к комплексному техническому обеспечению, т.е. определение дисциплинирующих параметров комплексного технического обеспечения – производительности технических средств, требуемых уровней надежности комплекса и достоверности информации.

3. Выделение подсистем комплексного технического обеспечения с учетом полученных требований, определение архитектуры комплексного технического обеспечения.

4. Формулирование критерия качества функционирования комплексного технического обеспечения, интерпретация параметров, влияющих на критерий, применительно к подсистемам комплексного технического обеспечения и построение на этой основе частных критериев качества функционирования подсистем.

5. Выбор оптимального состава и структуры технических средств образующих подсистемы комплексного технического обеспечения, которые обеспечивают экстремальные значения критерия качества и удовлетворяют ограничениям.

6. Выполнение работ по эскизному и техническому проектированию комплекса технических средств информационных системах управления.

Не претендуя на полноту охвата проблем построения и функционирования комплексного технического обеспечения, предложена общая схема решения задач проектирования комплексного технического обеспечения, которая основывается на информационном подходе, т.е. предполагается, что при решении каждой из задач формируется некоторый информационный массив P_j , элементами которого является конечная совокупность численных значений параметров, описывающая результат решения. В такой интерпретации для решения какой-либо задачи комплексного технического обеспечения необходимо:

- задать один или несколько входных массивов, которые содержат исходные данные для решения этой задачи;
- определить выходной массив, который содержит результаты решения задачи;
- указать алгоритмы, с помощью которого приписываются значения элементам выходного массива.

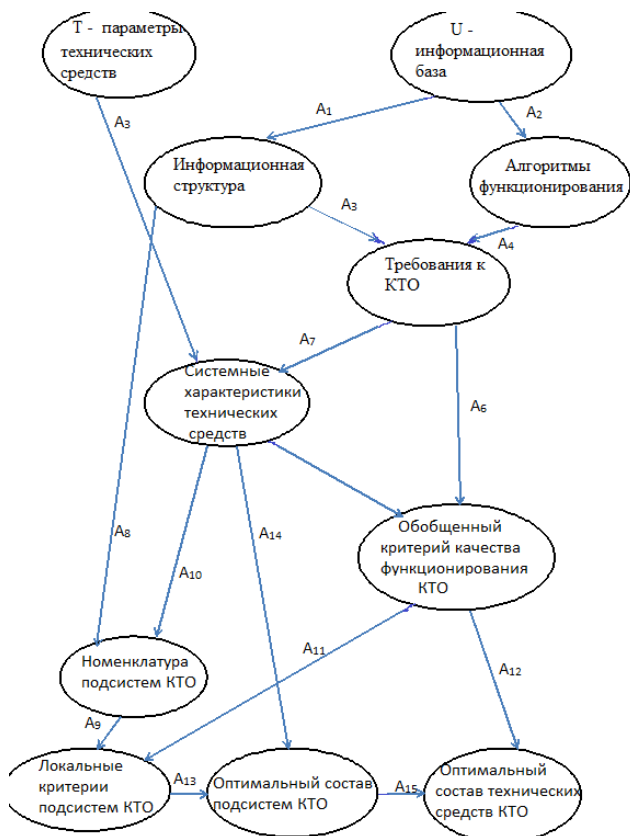


Рисунок 1. Общая схема решения задач комплексного технического обеспечения

Если отождествить информационные массивы с вершинами графа, а алгоритмы с ребрами, то решение отдельной задачи комплексного технического обеспечения может быть описано ориентированным графом (рисунок 2), у которого ребра направлены от вершин, отождествленных с входными массивами, к вершине, отождествленной с выходным массивом. Очевидно, общая схема решения задач комплексного технического обеспечения также описывается ориентированным связным графом (рисунок 1). При этом часть вершин у этого графа является начальными — такие вершины не имеют входящих ребер, а часть вершин являются конечными — эти вершины не содержат исходящих ребер. Начальные вершины отождествляются с информационными массивами, содержащими исходные данные для решения задач комплексного технического обеспечения, конечная вершина Р (она, обычно, одна) отождествляется с массивом, содержащим результаты решения задач комплексного технического обеспечения.

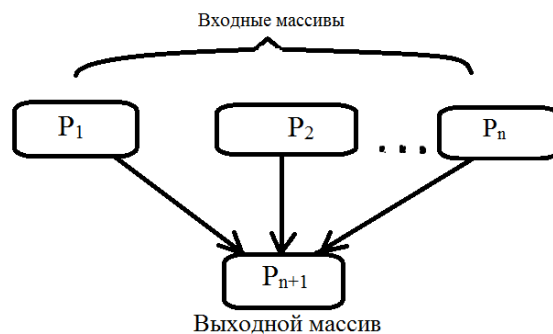


Рисунок 2. Схема решения отдельной задачи комплексного технического обеспечения

При решении основных задач проектирования КТО в качестве исходных массивов выступает:

- информационная база ИСУ (вершина И₁), содержащая множество элементов $B=\{B_i\}$, каждый из которых относится к определенной характеристике или группе характеристик информационной базы;
- множество параметров $T=\{T_j\}$ технических средств, которые могут быть использованы в техническом обеспечении информационных систем управления (вершина И₂).

Результирующий массив (вершина Р) содержит множество элементов $R=\{R_j\}$ и описывающих оптимальный состав и структуру комплексного технического обеспечения информационных систем управления.

На символическом уровне абстракции решение основных задач комплексного технического обеспечения может быть сведено к построению совместного ряда языков — наборов символов или алфавитов, описывающих исходные и результирующий информационные массивы, и правил оперирования этими алфавитами, в результате применения которых устанавливается оптимальное в определенных отношениях взаимно-однозначное соответствие между информационной базой и комплексным техническим обеспечением.

Данная проблема состоит из двух частей. Первая часть относится к заданию информационных массивов и определению на этой основе символов или букв алфавита информационного языка. Эта часть отражает физическую сущность проблемы. Другая часть проблемы связана с заданием правил оперирования с символами и отражает формально-математическую сущность проблемы [4].

Рассмотрение общей схемы решения задач комплексного технического обеспечения на символическом уровне абстракции обладает двумя следующими достоинствами:

- формально-математическая сущность проблемы получила достаточное теоретическое обоснование и развитие в абстрактной теории алгоритмов, в частности, в теории алфавитных операторов;

- любой реальный преобразователь информации L , совокупность которых составляет комплексное техническое обеспечение информационных систем управления, может рассматриваться как устройство, реализующее некоторый алфавитный оператор, который полностью определяет информационную сущность этого устройства.

Учитывая, что алфавитный оператор A , по определению, представляет правило сопоставления словам входного алфавита $a=\{a_i\}$ слов выходного алфавита $b=\{b_j\}$, то есть $b=A(a)$, общую задачу построения КТО можно трактовать как проблему задания оператора Q , такого что:

$$R=Q(IUT), \quad (1)$$

где R , I , T – алфавиты, а символ U обозначает объединение алфавитов.

Оператор Q может рассматриваться как результат композиции некоторого множества алфавитных операторов $A_1, A_2, \dots, A_i$, задающих множество промежуточных алфавитов $P_1, P_2, \dots, P_j$; получение каждого алфавита трактуется как решение определенной частной задачи комплексного технического обеспечения.

Рассматривая вершины графа как некоторые алфавиты P_j , а ребра графа как алфавитные операторы A_j ($I, j=1,2,\dots$), проследим схему решения основных задач комплексного технического обеспечения, характеризуя попутно частные задачи комплексного технического обеспечения.

Оператор A_1 преобразует алфавит I информационной базы в алфавит P_1 :

$$P_1=A_1(I), \quad (2)$$

который задает информационную структуру информационной системы управления, т.е. временное и пространственное распределение потоков информации в системе. Оператор A_2 , реализуя преобразование:

$$P_2=A_2(I), \quad (3)$$

задает алфавит P_2 , отображающий обобщенное описание алгоритмов функционирования информационных систем управления – так называемую информационно-логическую модель. Композиция операторов A_3 и A_4 , преобразующих, соответственно, алфавиты P_1 и P_2 , задает в вершине B_1 графа алфавит P_3 , который отображает требование к комплексному техническому обеспечению:

$$P_3=C_1[A_3(P_1), A_4(P_2)] \quad (4)$$

где C_1 – обозначает композицию операторов, стоящих в квадратных скобках. Здесь композиция операторов представляет собой некоторый алфавитный оператор C_1 , входной алфавит которого P'_3 является объединением алфавитов P'_1 и P'_2 :

$$P'_3 = P'_1 \cup P'_2, \quad (5)$$

где $P'_1 = A_3(P_1)$ и $P'_2 = A_4(P_2)$.

Аналогично композиция оператора A_5 , преобразующего алфавит T , и оператора A_6 , преобразующего алфавит P_3 , задает в вершине B_4 алфавит P_4 , то есть системные характеристики технических средств, которые в отличие от паспортных, представляют собой параметры, существенные для работы технических средств в информационных системах управления и сопоставимые с требованиями к комплексному техническому обеспечению:

$$P_4 = C_2[A_5(T), A_6(P_3)]. \quad (6)$$

Подобным образом можно получить выражения для алфавитов P_j других вершин графа, что показано на рисунке 1.

С получением алфавита P_5 связана задача выбора обобщенного критерия качества функционирования комплексного технического обеспечения, с получением алфавита P_6 – задача декомпозиции комплексного технического обеспечения на подсистемы и т.д., вплоть до получения в конечной вершине графа алфавита R – оптимальных состава и структуры комплексного технического обеспечения.

Таким образом, в рамках информационного подхода на символическом уровне абстракции удастся проследить весь ход решения основных задач проектирования комплексного технического обеспечения, выделить отдельные частные задачи и указать их взаимосвязь. В этом смысле комплексное техническое обеспечение может рассматриваться (при конкретном задании алфавитов и алфавитных операторов) как обобщенная граф-схема алгоритма решения этих задач.

Общая задача построения комплексного технического обеспечения принципиально представляется алгоритмически разрешимой, так как оператор Q может быть получен с помощью канонических видов композиции конечного числа операторов A_j , ($j=1, 2, \dots, n$), а именно: суперпозиции, объединения, разветвления и повторения (итерации) алфавитных операторов.

Наибольшие трудности в решении общей и частных задач комплексного технического обеспечения связаны с физической сущностью

этих задач, т.е. с идентификацией элементов информационных массивов. Поэтому вопросы, связанные с идентификацией параметров комплексного технического обеспечения, занимают в настоящей работе одно из центральных мест.

Символический уровень абстракции, выбранный для описания общей схемы решения задач комплексного технического обеспечения, хорошо согласуется с принципами моделирования комплексного технического обеспечения информационной системы управления на цифровых вычислительных машинах. Поэтому обобщенная граф-схема алгоритма решения задач комплексного технического обеспечения вполне может быть использована в качестве алгоритма автоматического проектирования комплексного технического обеспечения [3]. Однако, несмотря на актуальность автоматизации проектирования комплексного технического обеспечения, постановка такой задачи была бы преждевременной из-за неразработанности большинства алгоритмов решения частных задач комплексного технического обеспечения.

В методическом плане комплекс задач проектирования комплексного технического

обеспечения информационных систем управления может быть подразделен на три класса:

Задачи анализа, связанные с выработкой требований информационных систем управления к комплексному техническому обеспечению на основе анализа информационной базы системы, декомпозицией комплексного технического обеспечения на подсистемы и определением дисциплинирующих параметров для подсистем комплексного технического обеспечения [2].

Задачи, которые можно отнести к «общему» синтезу комплексного технического обеспечения, связаны с формулированием обобщенного критерия качества функционирования комплексного технического обеспечения и частных критериев качества функционирования подсистем, определением целевой функции и существенных ограничений, обеспечением функциональной полноты комплекса технических средств.

Задачи структурного синтеза связаны с выбором оптимального варианта структуры и состава комплексного технического обеспечения и его подсистем.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Скурихин В. И. Об одном подходе к разработке концепции применения СВТ. Киев: ИК, 1989. 22 с. (Препринт / АН УССР, Ин-т кибернетики им. В. М. Глушкова; 89-56).
- 2 Сербулов Ю.С., Степанов Л.В., Чернышова Е.В. Формализация процесса формирования рынка // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. Т. 7 № 5. С. 109-113.
- 3 Скрыпников А.В. Построение процедур выбора управленческих решений на основе оптимизационных моделей // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2009. № 10(24). С. 217-221.
- 4 Скрыпников А.В., Чернышова Е.В., Заец О.В. Оценка эффективности системы защиты информации автоматизированной системы проектирования сложных многокомпонентных продуктов // Материалы 5-й научно-практической конференции «Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики». Тольятти, 2015. С. 31-38.

REFERENCES

- 1 Skurihin V.I. Ob odnom podkhode k razrabotke kontseptsii primeneniya SVT [About one going near development of conception of application of SVT]. Kiev: IK, 1989. - 22 p. (In Russ.).
- 2 Serbulov Yu.S., Stepanov L.V., Chernyshova E.V. Formalization of process of forming of market. *Vestnik VGTU*. [Proceedings of VSTU], 2010, vol. 7, no. 5, pp. 109-113. (In Russ.).
- 3 Skrypnikov A.V. Construction of procedures of choice of administrative decisions on the basis of optimization models. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki* [Questions of science and practice. University named after V.I. Vernadskii], 2009, no. 10 (24), pp. 217-221. (In Russ.).
- 4 Skrypnikov A.V., Chernyshova E.V., Zaets O.V. Estimation of efficiency of the system of defence of information of CAS of planning of difficult multi-component products. Materialy 5 nauchno-prakticheskoi konferentsii "Mezhdistsiplinarnye issledovaniya v oblasti matematicheskogo modelirovaniya i informatiki" [Materials of 5th research and practice conference "Interdisciplinary researches in area of mathematical design and informatics"]. Tolyatti, 2015. pp. 31-38. (In Russ.).

УДК 664.681.2

Профессор Н.С. Родионова, доцент М. В. Мануковская,
доцент Я.П. Коломникова, студент М.В. Серченя
(Воронеж. гос. ун. инж. техн.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса.
тел. (473) 255-37-72
E-mail: manukowskaj@mail.ru

Professor N.S. Rodionova, associate professor M.V. Manukovskaya,
associate professor J.P. Kolomnikova, student M.V. Serchenya
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of service and restaurant
business. phone (473) 255-37-72
E-mail: manukowskaj@mail.ru

Исследование антиоксидантной активности настоек из ежевики и клюквы, приготовленных методом ультразвукового экстрагирования

Investigation of antioxidant activity of blackberry and cranberry liqueurs, prepared by the method of ultrasonic extraction

Реферат. В статье представлены экспериментальные результаты определения антиоксидантной активности ягодных настоек, приготовленных с применением метода ультразвукового экстрагирования в сравнении с настойками, полученными традиционным методом. В качестве объектов исследования были выбраны ягоды ежевики и клюквы, характеризующиеся высоким содержанием антиоксидантов. В рамках данной экспериментальной работы был исследован метод ультразвукового экстрагирования, при помощи которого были приготовлены настойки из ежевики и клюквы. В качестве экспериментальной установки использовали экстрактор с ультразвуковым погружным излучателем. Процесс проводили в диапазоне частот 20-20,5 кГц при температуре 20-22 °С. В соответствии с традиционной технологией приготовления ягодной настойки клюкву и чернику выдерживали длительное (более 2 месяцев) время в 40 % растворе этилового спирта в соотношении ягоды-экстрагент 1:5. Технология ультразвукового экстрагирования предполагает кратковременный контакт ягод и экстрагента (до 15 минут) при наложении ультразвуковых колебаний. В процессе исследований экспериментально установлены режимные параметры процесса экстрагирования. С увеличением времени воздействия выход биологически активных веществ увеличивается до достижения равновесного состояния, соответствующего наиболее полному истощению сырья. Было установлено оптимальное время экстрагирования, за которое происходит максимально возможный переход сухих веществ в экстракт. Ультразвуковой способ экстрагирования позволяет значительно сократить длительность процесса и обеспечить более полное извлечение веществ. При воздействии ультразвуковых волн нарушается пограничный диффузионный слой, улучшается проникновение экстрагента в материал. Всё это приводит к значительному ускорению процесса перехода действующих веществ из сырья в экстрагент и получение продукта с антиоксидантной активностью, превышающей в 2 раза традиционный продукт.

Summary. Experimental results of antioxidant activity of berry liqueurs prepared by the method of ultrasonic extraction in comparison with liqueurs, obtained by the traditional method are presented in the article. Blackberries and cranberries, characterized by a high content of antioxidants were chosen as the research subjects. Ultrasonic extraction method with which cranberry and blackberry liqueurs were prepared was studied in terms of the given experimental work. An extractor with submersible ultrasonic transducer was used as an experimental device. The process was carried out in the frequency range of 20 - 20.5 kHz at 20-22° C. In accordance with the traditional technology of preparation of berry liqueur cranberry and blueberry were kept for a long-term (more than 2 months) in 40% ethanol solution at a ratio of berries to extractant of 1: 5. Ultrasonic extraction involves brief contact of berries and extractant (up to 15 minutes) with the application of ultrasonic vibrations. Operating parameters of extraction were determined experimentally in the research process. With the increase in exposure time, the yield of biologically active substances increases to reach an equilibrium state corresponding to the most complete raw materials depletion. The optimum extraction time during which the maximum possible transfer of solids in the extract occurs was determined. Ultrasonic extraction method can significantly reduce the processing time and provide a more complete extraction of substances. Diffusion boundary layer is disrupted, the penetration of the extractant in the material is improved during the application of ultrasonic waves. All this leads to a significant acceleration of transition of the active ingredients from the raw material into extractant and to obtaining a product with antioxidant activity greater than the traditional product by 2 times.

Ключевые слова: антиоксидантная активность, настойка, ежевика, клюква, ультразвуковое экстрагирование, экстракт.

Keywords: antioxidant activity, liqueur, blackberry, cranberry, ultrasonic extraction, extractant.

© Родионова Н.С., Мануковская М. В.,
Коломникова Я.П., Серченя М.В., 2015

Сегодня большое значение уделяют изучению вопроса антиоксидантной активности продуктов и напитков различной функциональной направленности.

Действие антиоксидантов заключается в способности ликвидировать окислительный стресс, защищать организм человека на клеточном уровне от различных влияний свободных радикалов, предотвращать появление онкологии и задерживать старение организма. По происхождению антиоксиданты могут быть природными и синтетическими. Природные антиоксиданты содержатся в продуктах питания.

Большое количество антиоксидантов содержится в следующих ягодах и фруктах: чернике, клюкве, винограде, черноплодной рябине, смородине, сливах, вишне, ежевике, малине, землянике [1, 2].

В качестве объектов исследования были выбраны ягоды ежевики и клюквы, характеризующиеся наиболее высоким содержанием антиоксидантов. Углеводный состав ежевики представлен моно- и дисахаридами, что делает ее приемлемой в питании людей с сахарным диабетом. В ягодах ежевики содержатся полифенолы, являющиеся сильнейшими антиоксидантами.

Ягоды ежевики содержат (в 100 г): белки - 1,39 г, углеводы - 9,61 г, жиры - 0,49 г, витамины: А (бета - каротин) - 17 мг, В1 (тиамин) - 0,01 мг, В2 (рибофлавин) - 0,05 мг, В3 (никотиновую кислоту) - 0,04 мг, В5 (пантотеновую кислоту) - 0,24 мг, В6 (пиридоксин) - 0,058 мг, В9 (фолиевую кислоту) - 4 мг, С (аскорбиновую кислоту) - 15 мг, Е (токоферол) - 1,2 мг, марганец - 1,29 мг, железо - 1 мг, цинк - 0,27 мг, селен - 0,6 мг, медь - 0,14 мг, кальций - 30 мг, калий - 208 мг, фосфор - 32 мг, магний - 29 мг, натрий - 21 мг. Содержание антиоксидантов в 100 г ежевики - 2,036 мг/дм³.

Клюква содержит (в 100 г): белки - 0,5 г, жиры - 0,2 г, углеводы - 3,7 г, моно- и дисахариды - 3,7 г, пищевые волокна - 3,3 г, органические кислоты - 3,1 г, золу - 0,3 г. витамины: А - 0,02 мг, В1 - 0,02 мг, В2 - 0,02 мг, В6 - 0,08 мг, В9 - 1,0 мкг, С - 15,0 мг, РР - 0,2 мг, железо - 0,6 мг, калий - 119,0 мг, кальций - 14,0 мг, магний - 8,0 мг, натрий - 12,0 мг, фосфор - 11,0 мг.

Ягода клюквы тонизирует, освежает, повышает умственные и физические способности. Богата эллаговой кислотой, которая эффективно разрушает канцерогены и предотвращает развитие сердечно - сосудистых заболеваний. Клюква обладает антибактериальными свойствами, повышает иммунитет, нормализует артериальное давление, устраняет изжогу [3, 4].

Для приготовления настоек из ежевики и клюквы были выбраны два метода: традиционный и метод ультразвукового экстрагирования [5].

Известно, что в зависимости от растительных компонентов, входящих в рецептуры, настойки оказывают различное полезное воздействие на организм человека. Они положительно влияют на иммунитет и улучшают работу сердечнососудистой системы. Рекомендуется употреблять настойки при ишемической болезни, атеросклерозе и лейкомии. При употреблении в небольших количествах напитков выводит вредные вещества из организма. Самое главное в употреблении любых настоек - это дозировка.

В настоящее время для приготовления безалкогольных и алкогольных напитков широко используются современные методы экстрагирования продуктов. Наиболее перспективными сегодня являются методы приготовления с применением ультразвука. В рамках данной экспериментальной работы был исследован метод ультразвукового экстрагирования, при помощи которого были приготовлены настойки из ежевики и клюквы.

В качестве экспериментальной установки использовали экстрактор с ультразвуковым погружным излучателем. Сущность его работы заключается в следующем. Смесь водки и растительного субстрата в различных соотношениях загружали в емкость с излучателем, после чего включали ультразвуковой генератор. Колебания ультразвуковой частоты, возбуждали высокочастотные механические колебания, под воздействием которых в обрабатываемой смеси формировались зоны интенсивной кавитации и диффузного растворения клеточных субстратов в экстрагент [6].

Традиционная технология приготовления ягодной настойки предполагает длительное (более 2 месяцев) выдерживание ягод в 40 % растворе этилового спирта в соотношении ягоды-экстрагент 1:5.

Технология ультразвукового экстрагирования предполагает кратковременный контакт ягод и экстрагента (до 15 минут) при наложении ультразвуковых колебаний.

В процессе экспериментально установлены режимные параметры процесса экстрагирования. Важное значение для осуществления вышеуказанного процесса имеет продолжительность ультразвукового воздействия. С увеличением времени воздействия, выход биологически активных веществ увеличивается. Однако такое увеличение происходит до момента истощения сырья. Полное истощение сырья отмечали при воздействии ультразвука в пределах, указанных на рисунках 1, 2.

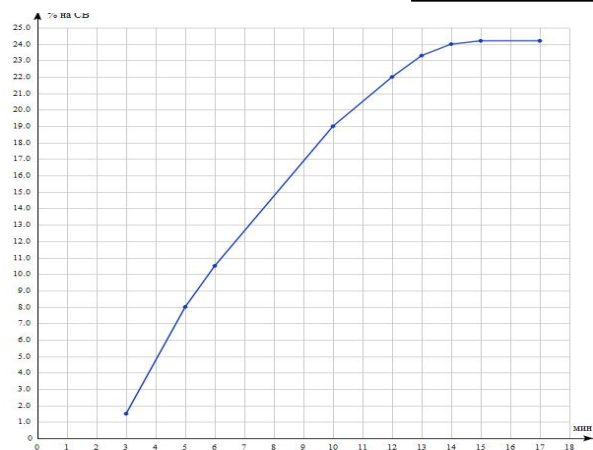


Рисунок 1. Выход экстрактивных веществ из ежевики при ультразвуковом экстрагировании

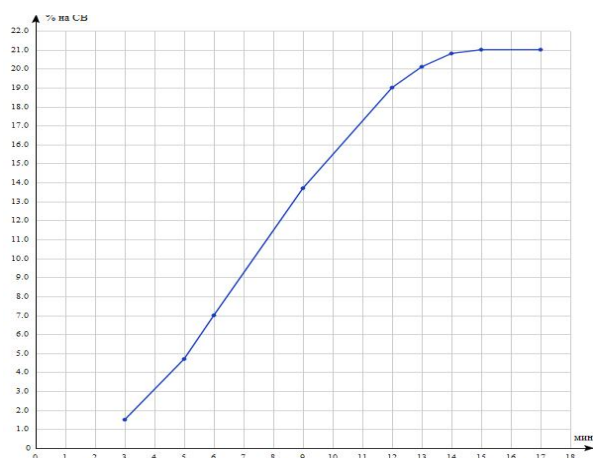


Рисунок 2. Выход экстрактивных веществ из клюквы при ультразвуковом экстрагировании

Также был исследован выход биологически активных веществ в настойках, приготовленных традиционным методом (рисунки 3, 4).

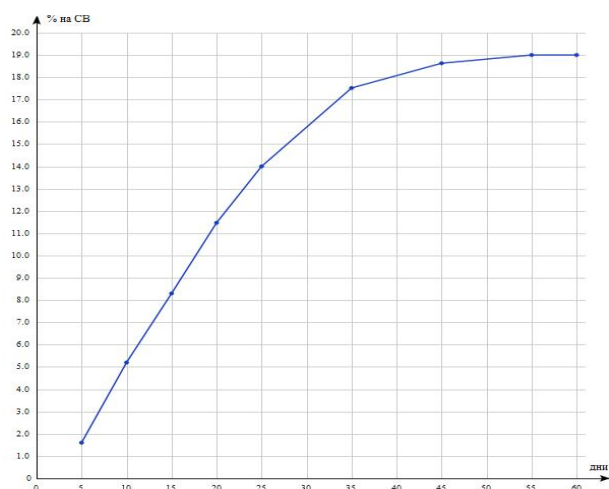


Рисунок 3. Выход экстрактивных веществ из ежевики при традиционном экстрагировании

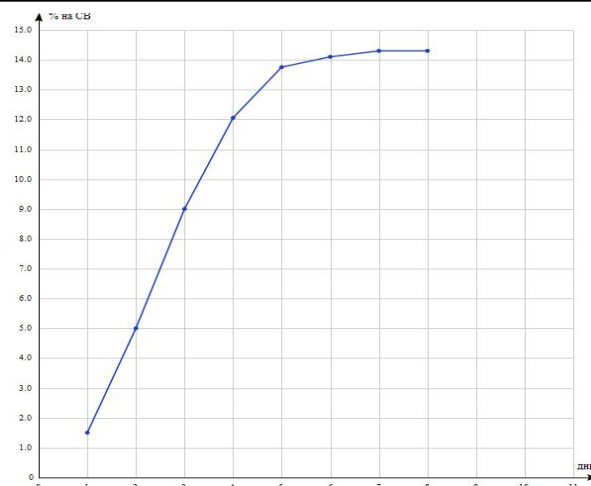


Рисунок 4. Выход экстрактивных веществ из клюквы при традиционном экстрагировании

Таким образом, было установлено, что оптимальное время экстрагирования с использованием ультразвука 15 минут. За это время происходит не только полное истощение сырья, но и удается получить продукт с более высоким содержанием СВ за более короткий срок (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Содержание СВ в исследуемых ягодных настойках

Настойка	% СВ	Время экстрагирования
Настойка из ежевики ультразвуковая	24,2	15 мин
Настойка из ежевики традиционная	19,0	60 дней
Настойка из клюквы ультразвуковая	21,0	15 мин
Настойка из клюквы традиционная	14,3	7 дней

Для определения антиоксидантной активности был использован прибор ЦветЯуза-01-АА, который позволяет проводить прямые количественные измерения антиоксидантной активности исследуемых проб, причем, варьируя полярность и величины приложенных потенциалов можно определять не только суммарную антиоксидантную активность, но и активность отдельных классов биологически активных соединений.

В ячейке детектора на поверхности рабочего электрода происходит электрохимическое окисление молекул исследуемого вещества, что способствует возрастанию электрического тока между двумя электродами [7].

После приготовления образцов растворов анализируемых объектов, проводили по пять последовательных измерений сигналов

(площади выходной кривой) исследуемых растворов. За результат принимали среднее арифметическое значение из 4 измерений (СКО не превышает 3 %). При определении антиоксидантной активности сигнал регистрируется в виде дифференциальных выходных кривых. С помощью специального программного обеспечения производится расчет площадей или высот пиков анализируемого и стандартного веществ. Полученные экспериментальные данные представлены на рисунках 5,6,7,8 в виде графических зависимостей.

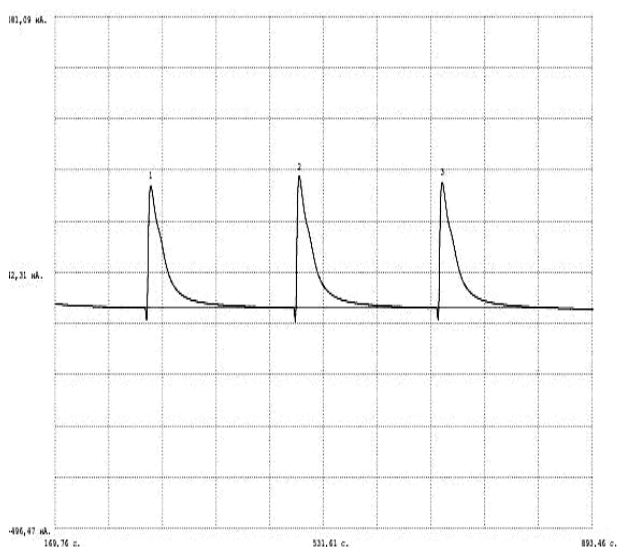


Рисунок 5. Дифференциальная кривая электрохимического окисления настойки из ежевики традиционной

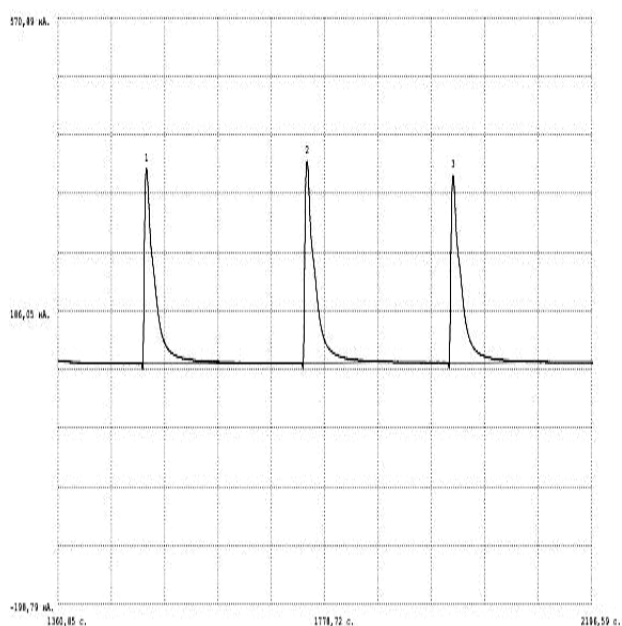


Рисунок 6. Дифференциальная кривая электрохимического окисления настойки из ежевики ультразвуковой.

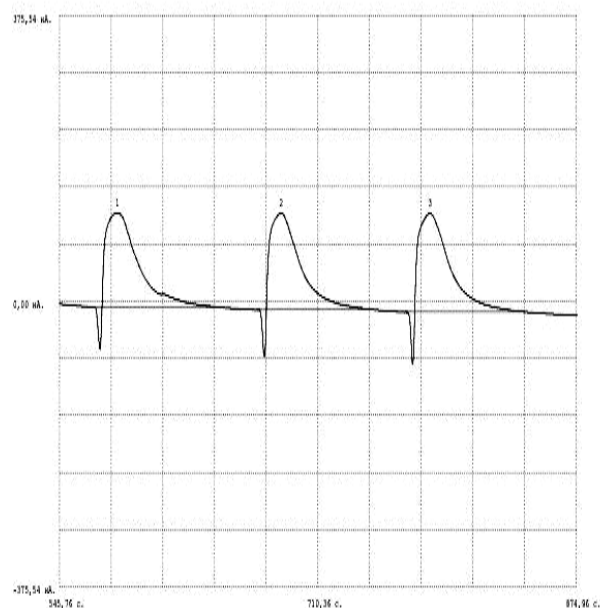


Рисунок 7. Дифференциальная кривая электрохимического окисления настойки из клюквы традиционной

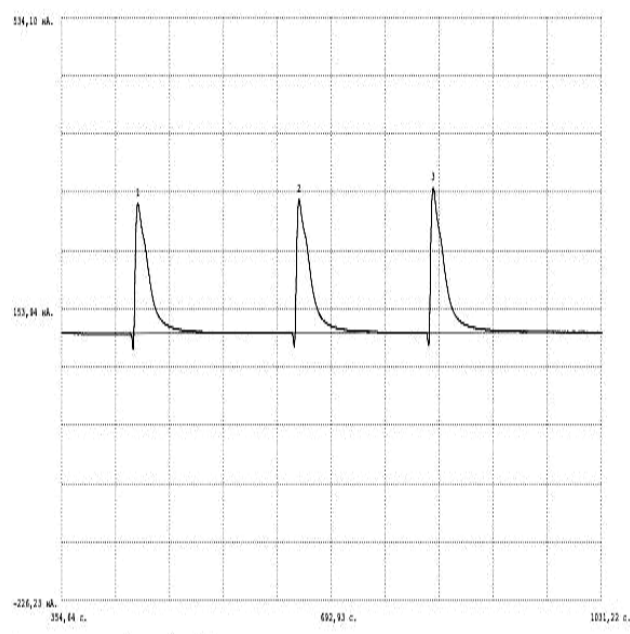


Рисунок 8. Дифференциальная кривая электрохимического окисления настойки из клюквы ультразвуковой

Расчет суммарной антиоксидантной активности (СА, мг/дм³) исследуемого образца проводили по формуле:

$$CA = CA_{гр} \cdot N; \quad (1)$$

где СА_{гр} - величина антиоксидантной активности кверцетина по калибровочному графику, мг/дм³; N - разбавление анализируемого образца.

Результаты анализа значений антиоксидантной активности настоек приведены в (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Значение антиоксидантной активности исследуемых настоек

Наименование настойки	Значение АОА, мг/дм ³
Настойка из ежевики (ультразвуковой метод)	10,3
Настойка из ежевики (традиционный метод)	6,1
Настойка из клюквы (ультразвуковой метод)	9,92
Настойка из клюквы (традиционный метод)	5,76

Из графиков (рисунки 9, 10, 11, 12) следует, что антиоксидантная активность настоек, приготовленных ультразвуковым методом увеличивается в 2 раза по сравнению с настояками, приготовленными традиционно, при значительном сокращении длительности процесса экстрагирования.

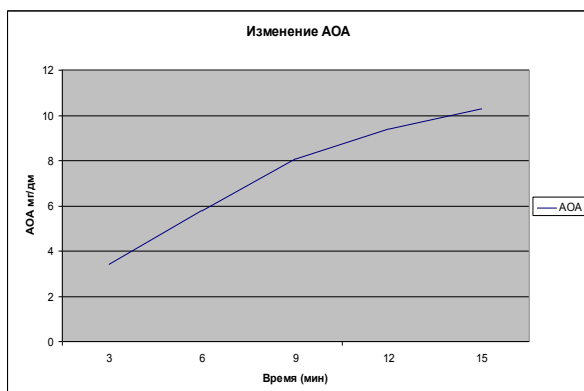


Рисунок 9. Изменение антиоксидантной активности настойки из ежевики ультразвуковой

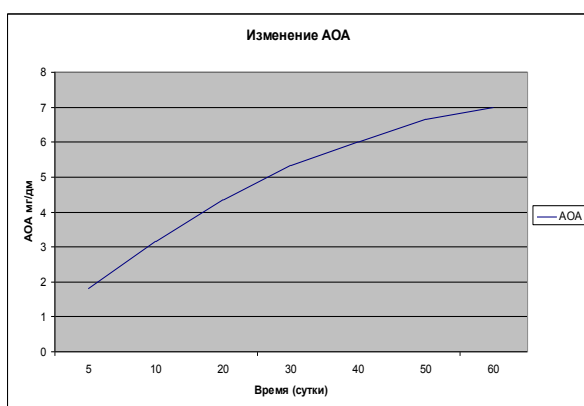


Рисунок 10. Изменение антиоксидантной активности настойки из ежевики традиционной

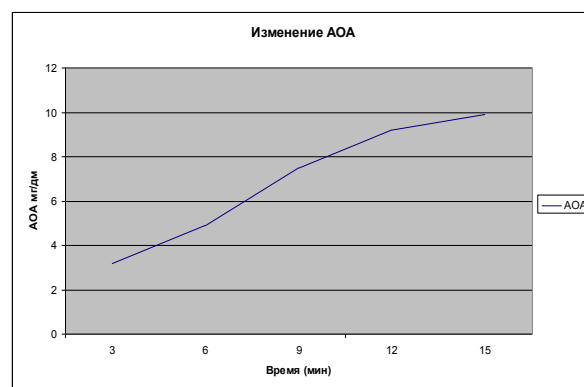


Рисунок 11. Изменение антиоксидантной активности настойки из клюквы ультразвуковой

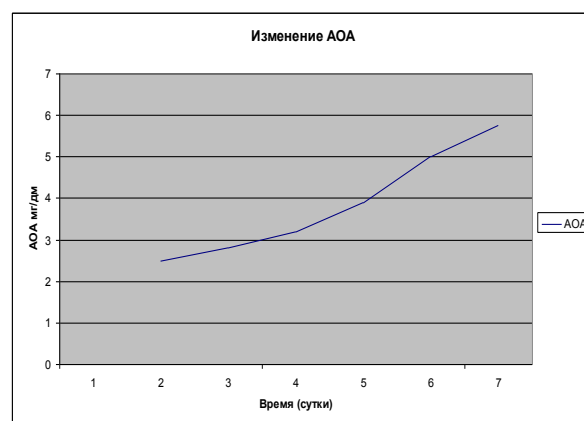


Рисунок 12. Изменение антиоксидантной активности настойки из клюквы традиционной

Это доказывает, что применение ультразвука – один из наиболее перспективных методов интенсификации экстрагирования растительного сырья. Ультразвуковой способ экстрагирования позволяет значительно сократить длительность процесса и обеспечить более полное извлечение веществ. При воздействии ультразвуковых волн нарушается пограничный диффузионный слой, улучшается проникновение экстрагента в материал. В результате сырьё набухает гораздо быстрее, возникают турбулентные и вихревые потоки, способствующие переносу масс, растворению веществ. Происходит интенсивное перемешивание содержимого даже внутри клетки (чего невозможно достичь другими способами экстрагирования). Всё это приводит к значительному ускорению процесса перехода действующих веществ из сырья в экстрагент и получение продукта с антиоксидантной активностью, превышающей в 2 раза традиционный продукт.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Донченко Г.В., Кричковская Л.В., Чернышов С.И., Никитченко Ю.В. и др. Природные антиоксиданты (биотехнологические, биологические и медицинские аспекты): монография. Харьков: «Модель Вселенной», 2011.
- 2 Макарова Н.В. Современные аспекты научных исследований антиоксидантных свойств цитрусовых фруктов, ягод и косточковых плодов: монография. Самара: Самар, гос. техн. ун-т, 2013.
- 3 Скурихин И.М. Химический состав пищевых продуктов. М.: Агропромиздат, 1987.
- 4 Оуэн С. Источник силы. СПб: Амфора, 2012. С. 16, 41.
- 5 Мануовская М.В., Серченя М.В. Использование современных технологий в приготовлении настоек // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. №2. 130-133.
- 6 Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве. Барнаул: АлтГТУ, 1997.
- 7 Яшин А.Я., Яшин Я.И. Применение жидкостных хроматографов «ЦветЯуза» с электрохимическими детекторами в медицине, экологии и для контроля пищевых продуктов // Приборы. 2009.
- 8 Неповинных Н.В., Птичкина Н.М. Исследование физико-химических свойств замороженных десертов специального назначения // Вестник Международной академии холода. 2015. №2. С. 28-31.

REFERENCES

- 1 Donchenko G.V., Krachkovskaya L.V., Chernyshov S.I., Nikitchenko Yu.V. et al. Prirodnye antioksidanty [Natural antioxidants (biotechnological, biological and medical aspects): monograph]. Khar'kov, Model' vselennoi, 2011. (In Russ.).
- 2 Makarova N.V. Sovremennye aspekty nauchnykh issledovaniy antioksidantnykh svoistv [Modern aspects of research of antioxidant properties of citrus fruits, berries and stone fruit: monograph]. Samara, SSTU, 2013. (In Russ.).
- 3 Skurikhin I.M. Khimicheskii sostav pishchevykh produktov [Chemical composition of food products]. Moscow, Agropromizdat, 1987. (In Russ.).
- 4 Source of power/ Sarah Owen; [Text] - SPb: mphora. Tempora, 2012-P. 16, 41. (In Russ.).
- 5 Manuovskaya M.V., Serechenya M.V. Use of modern technology in the preparation of tinctures. Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom. [Economics. Innovation. Quality management], 2015, no. 2, pp. 130-133. (In Russ.).
- 6 Mnogofunktsional'nye ul'trazvukovye apparaty i ikh primeneniye v usloviyakh malykh proizvodstv [Multifunctional ultrasonic devices and their application in small production, agriculture and at home]. Barnaul, AltGTU, 1997. (In Russ.).
- 7 Yashin A. Ya., Yashin Ya. I. the Use of liquid chromatographs "Tsvetyauza" electrochemical detectors in medicine, ecology and control of food products. Pribory. [Devices], 2009. (In Russ.).
- 8 Nepovinnykh N.V., Ptichkina N.M. Physicochemical properties of frozen desserts for special purposes. Vestnik Mezhdunarodnoi Akademii Kholoda. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration.], 2015, no. 2, pp. 28-31. (In Russ.).

УДК 664.066

Профессор Г.О. Магомедов, доцент Н.П. Зацепилина,
доцент А. А. Журавлев

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производства.

тел. (473) 255-38-41.

E-mail: nataha.zatsepilina@yandex.ru

Президент Российского Союза Хлебопекарной Промышленности,
председатель Совета директоров В. Л. Чешинский

(«Русская продовольственная компания»)

E-mail: bxx2@yandex.ru)

Professor G.O. Magomedov, associate professor N. P. Zatsepilina,
associate professor A. A. Zhuravlev

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of bread, confectionary, paste and grain processing technology.

phone (473) 255-38-41

E-mail: nataha.zatsepilina@yandex.ru)

President of the Russian Union of the Baking Industry, chairman of
the Board of directors V. L. Cheshinskii

(Russian Food Company)

E-mail: bxx2@yandex.ru)

Разработка сбивного хлеба функционального назначения из муки цельносмолотого зерна пшеницы, ржаных и пшеничных отрубей

Development of a functional purpose whipped bread whole grain wheat, rye and wheat bran

Реферат. В статье рассматривается разработка сбивных хлебобулочных изделий, обогащенных пищевыми волокнами, минеральными веществами, витаминами (ретинолом, токоферолом, витаминами группы В), полиненасыщенными жирными кислотами путем применения ржаных и пшеничных отрубей и муки из цельносмолотого зерна пшеницы. Основным сырьем для обогащения сбивных хлебобулочных изделий являются отруби пшеничные и ржаные. Выбор ржаных и пшеничных отрубей в качестве обогатителя приготавливаемого сбивного хлеба объясняется не только с точки зрения рациональности использования данного вторичного сырья, но и его богатым витаминно-минеральным составом. Отруби пшеничные содержат комплекс необходимых человеку витаминов группы В, в том числе В1, В2, В6, РР и других. Обнаружены также провитамин А (каротин) и витамин Е (токоферол). Отруби богаты минеральными веществами. Среди них — калий, магний, хром, цинк, медь, селен и другие микроэлементы. Благодаря такому составу отруби являются незаменимым диетическим продуктом. Они богаты нерастворимой клетчаткой и могут быть полезны для уменьшения риска развития рака толстой кишки. Ржаные отруби в своем составе содержат пищевые волокна, токоферол (витамин Е), тиамин В1, рибофлавин В2, пантотеновую кислоту В5, холин В4, никотиновую кислоту В3 и др. В отрубях богатый набор микроэлементов и макроэлементов, таких как железо, кальций, магний, фосфор, калий, цинк, йод, селен, хром и т.д. Введением в рацион отруби ржи способствуют профилактики и лечению атеросклероза сосудов, сахарного диабета и анемии. Они восстанавливают кровяное давление, снижают уровень сахара в крови и улучшают работу сердечно-сосудистой системы. Мука из цельносмолотого зерна пшеницы является основным источником в хлебе белка и крахмала, при этом сохраняя максимальную исходную пищевую ценность зерна, обогащает сбивной хлеб макро- и микронутриентами. Анализ химического состава муки из цельносмолотого зерна пшеницы, ржаных и пшеничных отрубей позволяет сделать вывод, что выбор данных видов сырья целесообразен для внесения в рецептуру сбивных хлебобулочных изделий, так как за счет их применения можно повысить содержание в хлебе не только основных нутриентов пищи, но и витаминов, минеральных и биологически активных веществ. В работе установлена математическая зависимость и причинно-следственная связь между технологическими параметрами приготовления теста и сбивного хлеба и их качеством. Определены рациональные дозировки ржаных и пшеничных отрубей в технологии обогащенного сбивного хлеба из муки цельносмолотого зерна пшеницы.

Summary. The article discusses the development of whipped bakery products enriched with dietary fiber, minerals, vitamins retinol, tocopherol, group, polyunsaturated fatty acids through the use of rye and wheat bran and flour of wholegrain wheat. The main raw material for enrichment whipped bakery products used wheat bran and rye. Choice of rye and wheat bran as supplementation prepared whipped bread is explained not only from the point of view of the rationality of the use of this secondary raw materials, but also its rich vitamin and mineral composition. Wheat bran contain the necessary man of b vitamins, including B1, B2, B6, PP and others. Found provitamin a (carotene) and vitamin E (tocopherol). Bran is rich in mineral substances. Among them potassium, magnesium, chromium, zinc, copper, selenium and other trace elements. Thanks to this composition bran are essential dietary product. They are rich in insoluble fiber and can be useful to reduce the risk of developing colon cancer. Rye bran contain dietary fiber, tocopherol E, thiamin B1, Riboflavin B2, Pantothenic acid B5, B4 (choline, nicotinic acid B3, etc. In the bran rich set of microelements and macroelements such as iron, calcium, magnesium, phosphorus, potassium, zinc, iodine, selenium, chromium, etc. the Introduction in the diet, bran rye contribute to the prevention and treatment of atherosclerosis, diabetes and anemia. They restore blood pressure, reduce blood sugar levels and improve the cardiovascular system. Flour from wholegrain wheat is the main supplier of bread protein and starch, while preserving the maximum of the original nutritional value of the grain, enriched whipped bread macro - and micronutrients. The analysis of the chemical composition of flour from wholegrain wheat, rye and wheat bran leads to the conclusion that the choice of these types of materials suitable for making the recipe whipped bakery products, because their use can increase the content in bread is not only the main nutrients of food, but also vitamins, minerals and biologically active. In the work of the established mathematical relationship and causality between technological parameters of dough and whipped bread and their quality. Defined rational dosing rye and wheat bran in technology enriched whipped bread flour wholegrain wheat.

Ключевые слова: сбивной хлеб, ржаные отруби, пшеничные отруби, мука из цельнозернового зерна пшеницы, математические методы планирования

Keywords: whipped bread, rye bran, wheat bran, flour of wholegrain wheat, mathematical methods of planning.

Расширение ассортимента и увеличение объемов производства функциональных продуктов питания становится необходимым для улучшения пищевого статуса населения России в области здорового питания. Недостаточная сбалансированность хлеба как основного продукта питания является проблемой количественного и качественного дефицита витаминов А, Е, В, пищевых волокон, макро- и микронутриентов в рационе питания [1]. Одним из возможных путей решения является привлечение новых источников растительного происхождения (отруби пшеничные, ржаные).

В связи с этим целью работы является разработка обогащенных пищевыми волокнами, минеральными веществами, витаминами А, Е, В, полиненасыщенными жирными кислотами путем применения ржаных и пшеничных отрубей и муки из цельнозернового зерна пшеницы сбивных хлебобулочных изделий.

Задачи исследования:

– установить регрессионную зависимость и причинно-следственную связь между технологическими параметрами приготовления теста и хлеба и их качеством;

– определить рациональные дозировки ржаных и пшеничных отрубей в технологии обогащенного сбивного хлеба из муки цельнозернового зерна пшеницы.

Основным сырьем для обогащения сбивных хлебобулочных изделий выступают отруби пшеничные и ржаные. Выбор ржаных и пшеничных отрубей в качестве обогатителя приготавливаемого сбивного хлеба объясняется не только с точки зрения рациональности использования

данного вторичного сырья, но и его богатым витаминно-минеральным составом. Отруби пшеничные содержат комплекс необходимых человеку витаминов группы В, в том числе В1, В2, В6, РР и другие. Обнаружены также провитамины А (каротин) и витамин Е (токоферол). Отруби богаты минеральными веществами. Среди них — калий, магний, хром, цинк, медь, селен и другие микроэлементы. Благодаря такому составу отруби являются незаменимым диетическим продуктом. Они богаты нерастворимой клетчаткой и могут быть полезны для уменьшения риска развития рака толстой кишки.

Ржаные отруби в своем составе содержат пищевые волокна, токоферол Е, тиамин В1, рибофлавин В2, пантотеновую кислоту В5, холин В4, никотиновую кислоту В3 и др. В отрубях богатый набор микроэлементов и макроэлементов таких, как железо, кальций, магний, фосфор, калий, цинк, йод, селен, хром и т.д. Введение в рацион отрубей ржи способствуют профилактике и лечению атеросклероза сосудов, сахарного диабета и анемии. Они восстанавливают кровяное давление, снижают уровень сахара в крови и улучшают работу сердечно-сосудистой системы. Отруби ржи применяют для профилактики и лечения онкологических заболеваний (рак толстой кишки и др.). Они содержат антиоксиданты в виде витамина Е, который благодаря селену и хрому, хорошо усваивается и замедляет процессы старения и развитие онкологических заболеваний. Польза ржаных отрубей для щитовидной железы в содержании йода.

Мука из цельнозернового зерна пшеницы является основным источником в хлебе белка и

крахмала, при этом сохранив максимальную исходную пищевую ценность зерна, обогащает сбивной хлеб макро- и микронутриентами [2].

Таким образом, анализ химического состава муки из цельносмолотого зерна пшеницы, ржаных и пшеничных отрубей позволяет сделать вывод, что выбор данных видов сырья целесообразен для внесения в рецептуру сбивных хлебобучочных изделий, так как за счет их применения можно повысить содержание в хлебе не только основных нутриентов пищи, но и витаминов, минеральных и биологически активных веществ, пищевых волокон.

Для исследования взаимодействия различных факторов применяли математические методы планирования эксперимента [3]. В качестве основных факторов, влияющих на качество теста, использовалась дозировка ржаных отрубей x_1 (%) и продолжительность перемешивания x_2 (мин); дозировка пшеничных отрубей x_3 (%) и продолжительность перемешивания x_4 (мин). Все эти факторы совместимы и некоррелированы между собой. Критериями оценки влияния условий приняли удельный объем сбивного хлеба с ржаными отрубями (Y_1 , см³/100 г), и с пшеничными отрубями (Y_2 , см³/100 г).

Программа исследований была заложена в матрицу планирования экспериментов. В этом случае применяли центральное композиционное ротатабельное униформпланирование [4].

Сначала построили математическую модель, адекватно описывающую зависимость выбранного выхода параметра от изучаемых факторов. Для этого был реализован активный эксперимент по системе центрального композиционного ротатабельного плана, обеспечивающего получение одинаковой величины дисперсии выходного параметра для любой точки в пределах изучаемой области. Для исключения влияния неконтролируемых параметров на результаты эксперимента порядок опытов рандомизировали посредством таблицы случайных чисел.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получили уравнения регрессии (1, 2), адекватно описывающие данный процесс под влиянием исследуемых факторов. Воспроизводимость опытов, значимость регрессионных коэффициентов и адекватность уравнений подтверждена статистическими критериями Кохрена, Стьюдента, Фишера при доверительной вероятности 95 %:

$$Y_1 = 203,99 + 9,07 \cdot X_1 + 0,00633 \cdot X_2 + 5,25 \cdot X_1 \cdot X_2 - 1,93 \cdot X_1^2 - 6,96 \cdot X_2^2 \quad (1)$$

$$Y_2 = 177,17 - 2,06 \cdot X_1 - 1,13 \cdot X_2 - 5,75 \cdot X_1 \cdot X_2 + 9,71 \cdot X_1^2 + 8,95 \cdot X_2^2 \quad (2)$$

Анализ уравнения (1) показывает, что с повышением дозировки ржаных отрубей x_1 и продолжительности перемешивания - x_2 - теста увеличивается удельный объем хлеба. Следовательно, для повышения удельного объема сбитого хлеба следует повышать x_1 и x_2 . Однако при увеличении факторов x_1 и x_2 резко начинает повышаться объемная масса теста, что в последующем снижает удельный объем хлеба. Поэтому придерживались рациональный величины объемной массы сбивного теста 0,35-0,45 г/см³, при варьировании x_1 и x_2 .

Анализ уравнения (2) показывает, что с повышением дозировки пшеничных отрубей x_3 продолжительность замеса теста x_4 , удельный объем сбивного хлеба снижается. Установили, что пшеничные отруби, в отличие от ржаных, на стадии приготовления теста резко повышают вязкость по мере перемешивания, что замедляют процесс пенообразования.

Задача оптимизации была сформулирована следующим образом. Необходимо найти такие значения независимых переменных X_1 и X_2 , при которых удельный объем Y_1 достигает максимального значения. При этом независимые переменные X_1 и X_2 должны находиться в области эксперимента, границы которой определяются значениями факторов в «звездных» точках, т. е. $-1,41 \leq X_i \leq +1,41$

Условие оптимизации представили в виде:

$$\begin{cases} y = 0,5 + 0,02 \cdot X_1 - 0,11 \cdot X_2 + 0,03 \cdot X_1 \cdot X_2 + \\ + 0,2 \cdot X_1^2 + 0,04 \cdot X_2^2 \rightarrow \min \\ X_1^2 + X_2^2 = R^2 \end{cases} \quad (3)$$

в котором последнее уравнение определяет границы области эксперимента (сфера радиусом R) и является ограничением на значения независимых переменных. Для решения поставленной задачи воспользовались методом неопределенных множителей Лагранжа. Для этого составили целевую функцию F :

$$F = 0,5 + 0,02 \cdot X_1 - 0,11 \cdot X_2 + 0,03 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,2 \cdot X_1^2 + 0,04 \cdot X_2^2 + \lambda \cdot (X_1^2 + X_2^2 - R^2) \quad (4)$$

где λ – неопределенный множитель Лагранжа.

В соответствии с вычислительным алгоритмом метода неопределенных множителей Лагранжа составили систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial X_1} = 0,02 + 0,03 \cdot X_2 + 0,4 \cdot X_1 + 2 \cdot \lambda \cdot X_1 = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial X_2} = -0,11 + 0,03 \cdot X_1 + 0,08 \cdot X_2 + 2 \cdot \lambda \cdot X_2 = 0 \\ \frac{\partial F}{\partial \lambda} = X_1^2 + X_2^2 - R^2 = 0 \end{cases} \quad (5)$$

По результатам решения системы уравнений (5) получили оптимальные значения дозировки ржаных отрубей и продолжительности перемешивания $X_1 = 6,5$ и $X_2 = 4$ мин., при которых удельный объем сбивного хлеба максимального значения $Y_1 = 210$ см³/100 г с ржаными отрубями.

Для поиска оптимальных параметров x_3 дозировки пшеничных отрубей и x_4 - продолжительность замеса теста, сформулировали задачу оптимизации при $Y_2 \rightarrow \infty$. В результате решения задачи оптимизации получены в кодированных значениях $x_3 = 0,13$ и $x_4 = -0,11$, при которых удельный объем сбивного хлеба с дозировкой пшеничных отрубей достигает максимального значения $Y_2 = 176$ см³/100 г.

Переходя от кодированных значений к натуральным, оптимальные значения $x_3 = 6,0$ % и $x_4 = 15$ мин. По результатам оптимизации процесса производства сбивного хлеба выполнили контрольную выпечку и исследовали свойства сбивного хлеба из муки цельносмолотого зерна пшеницы обогащенный ржаными и пшеничными отрубями (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Показатели качества сбивного хлеба с пшеничными и ржаными отрубями

Показатели качества хлеба	Хлеб на основе пшеничных отрубей.	Хлеб на основе ржаных отрубей.
Органолептические		
Внешний вид:		
Форма	Без боковых выплывов, соответствует форме, в которой выпекался хлеб	Без боковых выплывов, соответствует форме, в которой выпекался хлеб
Поверхность	Без крупных трещин и подрывов	Без крупных трещин и подрывов
Цвет	Коричневый	Коричневый

Продолжение табл. 1

Состояние мякиша:		
Пропечённость	Пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь	Пропеченный, не липкий, не влажный на ощупь
Пористость	Равномерная, без пустот и уплотнений	Равномерная, без пустот и уплотнений
Вкус, запах	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса и запаха	Свойственный данному виду изделий, без постороннего привкуса и запаха
Физико-химические показатели		
Влажность мякиша, %	48,0	49,5
Кислотность мякиша, град	3,5	3,3
Удельный объём, см ³ /100г	176,0	210,0
Пористость мякиша, %	64,0	66,0

Правильность выбора оптимального соотношения дозировки ржаных и пшеничных отрубей в тесте подтвердили серий параллельных экспериментов, которые показали сходимость результатов. Таким образом, данные контрольного эксперимента по производству сбивного хлеба подтверждают достоверность и адекватность уравнения регрессии и результатов оптимального режима его приготовления. При этом гарантируется повышение пищевой ценности сбивного хлеба из муки цельносмолотого зерна пшеницы с ржаными отрубями: по пищевым волокнам на 74,0 %, минеральным веществам – 10,0-30,0 %, витаминам – 95,0-100,0 %, полиненасыщенным жирным кислотам – 98,0-100,0 %; с пшеничными отрубями: по пищевым волокнам – 82,0 %, минеральным веществам – 10,0-25,0 %, витаминам – 97,0-98,0 %, полиненасыщенным жирным кислотам – 96,0-98,0 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Чертов Е.Д., Магомедов Г.О., Зацепина Н.П., Репрынцева Т. А. и др. Сбивные хлебобобулочные изделия для питания школьников // Хлебопродукты. 2014. № 11. С. 58-60.
- 2 Магомедов Г.О., Пономарева Е.И., Алейник И.А. Инновационные технологии сбивных бездрожжевых хлебобобулочных изделий функционального назначения // Фундаментальные исследования. 2008. № 1. С. 71-72.
- 3 Дерканосова Н.М., Журавлев А.А., Сорокина И.А. Практикум по моделированию и оптимизации потребительских свойств пищевых продуктов. Воронеж: ООО «Главреклама», 2011. 167 с.
- 4 Грачев Ю.П., Плаксин Ю. М. Математические методы планирования эксперимента. М.: ДеЛипринт, 2005. 296 с.
- 5 Данина М.М., Иванченко О.Б. Использование экструдированной пшеницы в пивоварении // Вестник Международной академии холода. 2015. № 2. С. 18-22.

REFERENCES

- 1 Срукещм Е.Д., Magomedov G.O., Zatsepilina N.P. Repryntseva T.A. et al. Whipped bakery products for school feeding. Khleboprodukty. [Bakery], 2014, no. 11, pp. 58-60. (In Russ.).
- 2 Magomedov G.O., Ponomareva E.I., Aleynik I.A. Innovative technologies whipped non-yeasted baked goods functionality. Fundamental'nye issledovaniya. [Basic Research], 2008, no. 1, pp 71-72. (In Russ.).
- 3 Derkanosova N.M., Zhuravlev A.A., Sorokina I.A. Praktikum po modelirovaniyu i optimizatsii potrebitel'skikh svoistv [Workshop on modeling and optimization of consumer properties of food]. Voronezh, Glavreklama, 2011. 167 p. (In Russ.).
- 4 Grachev Yu.P., Plaksin Yu.M. Matematicheskie metody planirovaniya eksperimente [Mathematical methods of experiment planning]. Moscow, DeLiprint, 2005. 296 p. (In Russ.).
- 5 Danina M.M., Ivanchenko O.B., Using extruded wheat in brewing. Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. [International Academy of Refrigeration], 2015, no. 2, pp 18-22. (In Russ.).

УДК 663.933:621.1.013

Профессор Е.С.Шенцова,
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарных, макаронных,
кондитерских и зерноперерабатывающих производств.
тел. 8-903-857-06-44,
e-mail: evgeniya-shencova@yandex.ru;
генеральный директор И.Г. Панин, к.с.-х.н. В.В. Гречишников,
к.с.-х.н. А.И. Панин
(«Корморесурс» г. Воронеж)
E-mail: panin@kombikorm.ru

Professor E.S. Shentsova,
(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology of bread,
confectionery, macaroni and grain-processing production.
phone 8-903-857-06-44
E-mail: evgeniya-shencova@yandex.ru,
general director I.G. Panin, Ph.D. V.V. Grechishnikov, Ph.D. A.I. Panin
("Kormoresurs", Voronezh)
E-mail: panin@kombikorm.ru

Оценка погрешностей содержания питательных и биологически активных веществ в комбикормовой продукции

Evaluation of errors of nutrients and bioactive substances in animal feed production

Реферат. Определение питательности компонента комбикорма предполагает следующее: оценку его химического состава; оценку количества содержащихся в нем переваримых питательных веществ; оценку количества высвобождаемой им энергии. Оценивается химический состав компонента по тем показателям, по которым балансируется рацион. Это на первый взгляд простое требование не всегда выполняется. В практике кормопроизводства нередки случаи, когда при проведении химического анализа готового корма обнаруживается несоответствие между расчетными и фактическими показателями питательности, причем с одинаковой вероятностью отклонения от декларируемой величины как в одну, так и в другую сторону. В базе данных современных программ, предназначенных для составления рационов кормления, содержатся коэффициенты переваримости питательных веществ по всем видам сырья для всех видов животных. Заложенные в программе специальные коэффициенты позволяют балансировать рационы кормления по переваримым питательным веществам и рассчитывать энергетическую ценность компонентов. В статье предлагается математический аппарат, позволяющий оценить допустимый предел вариаций содержания биологически активных веществ в партии премикса относительно данных рецепта. В качестве причин вариаций рассматриваются случайные погрешности методик количественного химического анализа биологически активных веществ (БАВ) и случайные погрешности оценок масс носителей активных веществ при их дозировании в смеситель.

Summary. The definition of feed nutrients assumes the following: assessment of its chemical composition; estimate of the amount contained therein of digestible nutrients; estimate of the amount of energy released by them. We estimate the chemical composition of the components of the indices, which balanced diet. This seemingly simple requirement is not always fulfilled. In the practice of forage production are cases when during the chemical analysis of the finished feed is a discrepancy between the estimated and actual nutritional value, and with the same probability of deviation from the declared value of both in one and in the other direction. The database of contemporary programs for compiling feed rations contained digestibility coefficients of nutrients for all types of raw materials for all kinds of animals from the program of special factors, allow to balance feed rations on digestibility of nutrients and energy value component count. The paper proposes a mathematical tool for assessing the margin of variation of content of biologically active substances in the party regarding the premix recipe data. The reasons for the variations are considered random error methods of quantitative chemical analysis of biologically active substances (BAS) and random error estimates of the masses of carriers of active substances when they are dosed into the mixer.

Ключевые слова: питательные вещества, биологически активные вещества, комбикорм, премикс, вариации, погрешность.

Keywords: nutrients, biologically active substances, feed, premix, variations, error.

Современный комбикорм представляет собой сложное промышленное изделие, которое характеризуется показателями потребительских свойств, важных при кормлении сельскохозяйственных животных и птицы. Вариации содержания питательных веществ и биологически активных веществ (БАВ) в суточных рационах кормления влияют на продуктивность и конверсию корма. К показателям потребительских свойств относят компонентный состав (до 15-18 показателей), питательную ценность (до 10 показателей), содержание микрокомпонентов, в том числе витаминов (до 12 видов), микроэлементов (до 6 видов), ферментов, лекарственных препаратов, антиоксидантов, однородность состава изготовленной партии комбикорма, однородность суточных рационов и др.

При составлении рецептов комбикормов учитывается, что одноименные питательные вещества входят в состав различных сырьевых компонентов. Микрокомпоненты вносятся в комбикорм через премиксы соответствующей рецептуры.

Количество любого j -ого питательного вещества в партии комбикорма рассчитывается по формуле:

$$C_j = \sum_{i=1}^n m_i \cdot C_{ji} \quad (1)$$

где C_{ji} - содержание j -ого питательного вещества в i -ом сырьевом компоненте; $m_i = \frac{M_i}{M_\Sigma}$ - массовая доля содержания i -ого сырьевого компонента в комбикорме; M_Σ - масса партии комбикорма; M_i - масса i -ого сырьевого компонента премикса; n - количество компонентов в комбикорме.

Содержание любого i -ого микрокомпонента в премиксе рассчитывается по формуле:

$$C_{in} = \frac{C_i \cdot M_i}{M_n}, \quad (2)$$

где C_{in} - содержание i -ого микрокомпонента в премиксе; C_i - содержание i -ого микрокомпонента в сырьевом компоненте премикса; M_i - масса i -ого сырьевого компонента премикса; $M_n = \sum_{i=1}^n M_i$ - масса премикса.

В реальных условиях производства комбикормов и премиксов из-за воздействия на технологический процесс множества случайных факторов возникают отклонения содержания питательных веществ и микрокомпонентов от рассчитанных значений по рецепту.

Величина этих отклонений характеризуется дисперсиями S_j^2 и S_{in}^2 функций (1) и (2) за счет изменения аргументов C_{ji} ; M_i ; C_i .

Дисперсия значений любой функции $y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ за счет случайных независимых изменений ее аргументов x_i , которые характеризуются дисперсиями S_{xi}^2 определяется выражением:

$$S_y^2 = \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 \cdot S_{xi}^2 \quad (3)$$

Дисперсия содержания C_j любого j -ого питательного вещества в партии комбикорма может быть представлена суммой:

$$S_j^2 = S_{jk}^2 + S_{jq}^2 + S_{ja}^2, \quad (4)$$

где $S_{jk}^2 = \sum_{i=1}^n m_i^2 \cdot S_{ji}^2$ - составляющая дисперсии, определяемая вариациями содержания питательных веществ в одноименных видах сырьевых компонентов, используемых при производстве комбикорма.

$S_{jq}^2 = \sum_{i=1}^n (C_{ji} - C_j)^2 \cdot m_i \cdot \left(\frac{S_{Mi}}{M_i} \right)^2$ - составляющая дисперсии, определяемая вариациями масс сырьевых компонентов в замесах;

$S_{ja}^2 = 0,13 d_j^2$ - составляющая дисперсии, определяемая аналитическими погрешностями методик количественного химического анализа j -ого питательного вещества при анализе навесок из партии комбикорма.

Дисперсия любого i -ого БАВ в партии премикса оценивается по формуле:

$$S_{in}^2 = S_{ia}^2 + S_{im}^2,$$

где составляющая дисперсии, определяемая аналитическими погрешностями методик количественного химического анализа i -ого БАВ при анализе партии премикса; S_{im}^2 - составляющая дисперсии, определяемая вариациями масс носителей i -ого БАВ в замесе.

Для премикса отношение:

$$\frac{S_{in}}{C_{ni}} = (1 - \min) \frac{S_{nMi}}{M_{ni}} \quad (5)$$

В формулах (4) и (5) приняты следующие обозначения: $m_i = \frac{M_i}{M_\Sigma}$ - массовая доля содержания i -ого сырьевого компонента в комбикорме; M_i - масса i -ого сырьевого компонента в замесе; $M_\Sigma = \sum_{i=1}^n$ - масса замеса комбикорма; $m_{in} = \frac{M_{ni}}{M_{n\Sigma}}$ - массовая доля содержания i -ого сырьевого компонента премикса в замесе премикса; $M_{n\Sigma}$ - масса замеса премикса; C_{ni} - содержание i -ого микрокомпонента в премиксе; S_{in} - стандартное отклонение содержания i -ого активного вещества в партии премикса; S_{nMi} - стандартные отклонения массы M_{ni} i -ого носителя БАВ в замесе премикса; M_{ni} - масса носителя i -ого БАВ в замесе

премикса; $M_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n M_i$ - масса замеса комбикорма; $\frac{S_{Mi}}{M_i}$ - коэффициент вариации массы i -ого сырьевого компонента в замесах комбикорма, выраженный в относительных единицах; S_{nMi} - стандартное отклонение массы i -ого компонента премикса в замесах; $\frac{S_{nMi}}{M_{ni}}$ - коэффициент вариации массы i -ого компонента премикса в замесах; n - количество сырьевых компонентов, используемых при производстве комбикормов и премиксов; C_j - содержание j -ого питательного вещества в комбикорме; C_{ji} - содержание j -ого питательного вещества в i -ом виде сырьевого компонента комбикорма; d_j - предельное значение аналитического стандартного отклонения сходимости.

$$S_{Mi} = \frac{\Delta M_i}{\sqrt{3}}, \quad S_{nMi} = \frac{\Delta M_{ni}}{\sqrt{3}}$$

ΔM_i - верхняя граница случайной погрешности оценки массы M_i i -ого сырьевого компонента комбикорма;

ΔM_{ni} - верхняя граница случайной погрешности оценки массы M_{ni} i -ого сырьевого компонента премикса.

Оценка содержания и вариаций активных веществ в партиях комбикорма и премикса проводится путем анализа представительной выборки.

Комбикормовый рацион представляет собой единичную выборку из массы партии комбикорма. С уменьшением массы единичной выборки увеличивается ее отличие по составу и вариациям содержания питательных веществ и БАВ от представительной выборки.

Выражая размеры частиц любого i -ого сырьевого компонента комбикорма через диаметр $(d_i)_{50}$, соответствующие средним диаметрам каждого сырьевого компонента, можно оценить коэффициенты вариации любого j -ого питательного вещества и i -ого БАВ в рационах массой M_p .

Среднее количество частиц любого i -ого компонента комбикорма в рационах, содержащего питательные вещества, оценивается по формуле:

$$\bar{N}_i = \frac{6 \cdot M_p \cdot C_{ij}}{100 \cdot \pi \cdot \rho_i \cdot (d_i)_{50}^3} \quad (6)$$

Среднее количество частиц i -ого носителя БАВ премикса в рационе рассчитывается по формуле:

$$\bar{N}_i = \frac{6 \cdot M_p \cdot C_n \cdot C_{in}}{100 \cdot \pi \cdot C_i \cdot \rho_i \cdot (d_i)_{50}^3} \quad (7)$$

где C_n - содержание премикса в комбикорме; M_p - масса рациона.

Дисперсия содержания j -ого питательного вещества в рационах при распределении частиц по закону Пуассона имеет вид:

$$S_{ik}^2 = \sum_{i=1}^n (C_{ij} - C_j)^2 \cdot m_i^2 \cdot \frac{1}{N_i} \quad (8)$$

Выражение (8) может быть представлено в виде:

$$S_j^2 = (1 - K_o)^2 \sum_{i=1}^n (C_{ji} - C_j)^2 m_i^2,$$

где K_o - коэффициент однородности смеси, выраженный в относительных единицах.

Рассчитать коэффициент вариации содержания j -ого питательного вещества можно по формуле:

$$R = \frac{\sqrt{S_j^2}}{C_j} \cdot 100 \quad (9)$$

Массовая доля m_{ink} содержания i -ого компонента премикса в комбикормовом рационе меньше 0,01, т.е. $m_i \leq 0,01$. При этом:

$$\frac{S_{ink}}{C_{ink}} = \frac{S_{ink}}{M_{ink}}, \quad (10)$$

где S_{ink} - стандартное отклонение содержания i -ого БАВ премикса в рационах комбикорма;

C_{ink} - среднее содержание i -ого БАВ премикса в комбикормовых рационах;

S_{ink} - стандартное отклонение содержания массы i -ого компонента премикса в комбикормовых рационах;

M_{ink} - масса i -ого компонента премикса в комбикормовом рационе.

Коэффициент вариации содержания i -ого компонента премикса в рационе определяется выражением:

$$R_i = \frac{S_{ink}}{C_{ink}} \cdot 100\% = \frac{100}{\bar{N}_i}, \quad 100\% \quad (11)$$

Оптимальный диаметр частиц i -ого компонента премикса в комбикормовом рационе составляет:

$$(d_i)_{50} = 0,01 \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_p \cdot C_n \cdot C_{in} \cdot R_i^2}{100 \cdot \pi \cdot C_i \cdot \rho_i}} \quad (12)$$

Диаметр $(d_i)_{50}$ может быть увеличен за счет уменьшения параметра C_i функции (12) такими технологическими приемами как микрокапсулирование, применение молекулярных и нано технологий.

В готовых премиксах оценивается количество БАВ, а также отклонения от указанных в рецепте количествах (опорных значений). Установленные стандартом допустимые отклонения не должны превышать, так как в этом случае изготовленная партия признается не соответствующей рецепту [1, 2].

В проведенных исследованиях теоретическая оценка допустимых пределов отклонения содержания БАВ в партии премикса от значений рецепта может быть проведена с применением методов математической статистики и теории вероятностей [3].

Поскольку на отклонение содержания любого i -го БАВ в отобранных пробах от опорных значений также влияли случайные погрешности методик количественного химического анализа и случайные отклонения масс носителей при дозировании с использованием весовых устройств. Содержание любого i -го БАВ в анализируемой пробе премикса оценивается по среднему значению $\bar{C}_i$ двух параллельных определений, которое может отличаться от опорного значения C_i на случайную величину ΔC . Поскольку погрешности являются независимыми. В этом случае отклонение результата измерения $\bar{C}_i$ от опорного значения C_i на случайную величину ΔC может характеризоваться стандартным отклонением $S_{\Delta C}$, которое зависит от S_1 – аналитического стандартного отклонения, определяемого методикой количественного химического анализа i -го БАВ и S_2 – аналитического стандартного отклонения, определяемого случайной погрешностью при дозировании.

Относительная погрешность содержания каждого компонента τ_i (%) определялась с помощью уравнения:

$$\tau_i = \frac{S_{\Delta C}}{C_i} \cdot 100 \quad (13)$$

Оценка стандартного отклонения S_1 проводилась с использованием данных стандартов на методы определения БАВ в премиксах [4-9]. Приводимые формулы позволяют рассчитывать допустимые расхождения двух результатов параллельных определений C_1 и C_2 .

В результате математических преобразований установлено, что аналитическое стандартное отклонение S_1 , г/кг, может быть определено по формуле:

$$S_1 = \frac{C_i \cdot 0,01 \cdot d_2}{2,77} \quad (14)$$

где d_2 – значение норматива сходимости, %, при доверительной вероятности $P=0,95$.

Опорное значение C_i содержания i -го БАВ в премиксе по рецепту оценивалось в соответствии с формулой:

$$C_i = \frac{M_i \cdot C_H}{M_{\Pi}} = m_i \cdot C_H, \quad (15)$$

где M_i – опорное значение массы носителя i -го БАВ в премиксе, кг; $M_{\Pi} = \sum_{i=1}^n M_i$ – масса партии премикса, кг C_H – содержание БАВ в носителе, г/кг.

Величина m_i определяет отношение массы носителя i -го БАВ в партии премикса к массе партии.

Стандартные отклонения массы носителя от его опорного значения S_m и S_2 связаны между собой зависимостью:

$$\frac{S_2}{C_i} = (1 - m_i) \frac{S_m}{M_i}. \quad (16)$$

Для премиксов значение m_i для любых носителей БАВ намного меньше единицы, что позволило определить S_2 :

$$S_2 = C_i \cdot \frac{S_m}{M_i} \quad (17)$$

Стандартные отклонения S_m оценки масс M_i связаны с предельными абсолютными значениями погрешности ΔM_i масс носителей за счет равномерного распределения погрешностей весовых устройств зависимостью:

$$S_m = \frac{\Delta M_i}{\sqrt{3}} \quad (18)$$

В таблице 1 приведены данные, позволяющие оценить вариации содержания ряда биологически активных веществ в партии премикса П5-1 относительно данных рецепта. Масса партии премикса выбрана равной одной тонне. Для оценки масс носителей БАВ, вносимых в премикс, были использованы данные с применением весовых устройств с верхними значениями измерения масс, близкими расчетным значениям масс носителей БАВ, указанных в таблице.

Т а б л и ц а 1

Оценка вариаций содержания ряда биологически активных веществ в партии премикса П5-1

БАВ премикса	Носитель БАВ	Опорное значение концентрации БАВ в премиксе, C , г/кг	Масса носителя БАВ в премиксе, M , г	Аналитическое стандартное отклонение, S_1 , г/кг	Абсолютная погрешность оценки массы носителя, ΔM , г	Стандартное отклонение, определяемое погрешностью оценки массы, S_2 , г/кг	Стандартное отклонение, $S_{\Delta C}$, г/кг	Относительная погрешность, τ , %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Витамины:								
А	Препарат	344,0	2000,0	12,4	2,5	0,0003	12,4	3,6
Д3	Препарат	5,0	400,0	0,21	2,5	0,00029	0,21	4,2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
E	Препарат	2,5	5000,0	0,09	5,0	0,00086	0,09	3,6
K ₃	Препарат	0,396	396,0	-	2,5	0,00086	<10-10	2,9
B ₁	Препарат	0,2	204,0	0,0043	2,5	0,00168	0,0046	2,3
B ₂	Препарат	0,4	500,0	0,0011	2,5	0,00138	0,0017	0,4
B ₃	Препарат	1,2	1386,0	0,0020	2,5	0,00144	0,0015	0,13
B ₄ 50%	Препарат	40,0	80000,0	1,44	20,0	0,0008	1,44	3,6
B ₅	Препарат	3,0	3030,0	0,0054	20,0	0,0017	0,0054	0,18
B ₆	Препарат	0,2	204,0	0,0043	2,5	0,00168	0,0046	2,3
B ₁₂	Препарат	0,003	3000,0	-	20,0	0,00001	*	*
Bc	Препарат	0,07	87,0	0,0018	1,0	0,00138	0,0047	6,7
C	Препарат	5,0	5051,0	0,126	5,0	0,0017	0,1260	2,52
H	Препарат	0,01	500,0	-	2,5	0,00003	*	*
Fe	FeSO ₄	1,0	4975,0	0,361	5,0	0,00034	0,3610	3,6
Cu	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0,025	926,0	0,00135	2,5	0,00046	0,0014	5,6
Zn	ZnO	5,0	6242,0	0,1805	20,0	0,00035	0,1805	3,6
Mn	MnCO ₃	10,0	33330,0	0,2888	30,0	0,0005	0,2888	2,9
Co	CoCl ₂ ·6H ₂ O	0,1	403,2	0,0072	2,5	0,00043	0,0083	7,2
I	Ca(IO ₃) ₂	0,1	196,5	-	2,5	0,0009	*	*
Se	Na ₂ SeO ₃	0,02	43,4	-	1,0	0,0008	*	*

*Примечание: для витаминов B₁₂, H, микроэлементов I, Se отсутствуют стандартизованные методы оценки их содержания в премиксах.

В результате проведенных расчетов установлено, что относительные стандартные отклонения содержания БАВ для рассмотренного рецепта премикса могут отличаться от опорных значений не более чем на 4,5 %. Представленные в таблице 1 данные, свидетельствуют о том, что для большинства биологически активных веществ этот показатель не превышает указанное значение.

Таким образом, методика дает возможность оценить отклонения содержания БАВ в партиях премиксов, изготовленных по различным рецептам, для признания полученной продукции как «соответствующей данным рецепта».

В отличие от компонентов премиксов компоненты комбикормов отличаются большей вариабельностью питательных веществ, поэтому в практике кормопроизводства нередко случаи, когда при проведении анализа готового продукта обнаруживается несоответствие между расчетными и фактическими значениями показателей питательности, причем с одинаковой вероятностью отклонения от декларируемой величины как в одну, так и в другую сторону.

Сравнительный анализ отклонений более чем в 1000 образцах комбикормов позволил сделать вывод: основной вклад – 60-80 % – в отклонения значений показателей состава корма вносят погрешности оценки химического состава компонентов. Остальные 20-40 % приходятся на погрешности систем дозирования и смешивания, на расслоение корма

при его транспортировании по технологическим линиям и к месту потребления.

При расчете рецептов комбикормов есть три источника информации о химическом составе компонентов: первый – результаты анализа, второй – качественное удостоверение поставщика, третий – справочная таблица о составе кормов.

Самый правильный путь к минимизации погрешности — проведение полного анализа по каждому показателю питательности в отношении каждого компонента. Однако проведение анализов связано с финансовыми и временными затратами. Поэтому определяют наиболее значимые из них, например, в зерновых компонентах протеин, клетчатку, золу.

Мерой рассеяния результатов анализа являются среднеквадратическое отклонение сходимости S_d и воспроизводимости S_D . Эти величины связаны между собой отношениями:

$$d = 2,77S_d, \quad D = 2,77 S_D. \quad (19)$$

В стандартах на химические методы анализа уравнения регрессии для оценки нормативов сходимости d_i и воспроизводимости D_i при доверительной вероятности $P = 0,95$ имеют общий вид:

$$D_i = (K_{1i} + K_{2i} \cdot C_i) \quad (20)$$

где C_i — значение i -го анализируемого показателя питательности; K_{1i} и K_{2i} — коэффициенты уравнения регрессии.

В таблице 2 представлены коэффициенты для основных показателей питательности комбикормов.

Коэффициенты уравнений регрессии для оценки допустимых пределов сходимости и воспроизводимости

Показатель	Сходимость		Воспроизводимость	
	K ₁	K ₂	K ₁	K ₂
Сырой протеин	0,13	0,03	0,56	0,05
Сырая клетчатка	0,38	0,033	1,3	0,07
Сырой жир	0,11	0,028	0,62	0,09
Кальций	0,03	0,044	0,06	0,14
Фосфор	0,01	0,09	0,01	0,28
Натрий	0,02	0,07	0,02	0,1
Сырая зола	0,34	0,05	0,083	0,064
Лизин	0	0,1	0	0,25
Цистин	0,132	0,058	0,2	0,34
Метионин	0,06	0,088	0,2	0,34

При проведении анализа комбикорма в собственной лаборатории диапазон возможных отклонений C_j с вероятностью 0,95 не выходит за границы $\Delta C_j = \pm d_j$. При использовании в расчетах данных из удостоверений о качестве, предъявляемых поставщиком сырья, возможные отклонения по j -му показателю с вероятностью 0,95 не выходят за границы $\Delta C_j = \pm D_j$. При использовании табличных данных погрешность находится в пределах статистической неопределенности по показателям питательности. Статистическое распределение для j -го показателя питательности характеризуется средним значением (математическим ожиданием) C_j , размахом варьирования (C_{jmin} , C_{jmax}) и среднеквадратическим отклонением S_{jcm} . В результате исследования 661 образцов пшеницы получены следующие значения: $C_j = 10,96$ %, диапазон варьирования — от 7,35 до 14,91 %, $S_{jcm} = 1,57$ %.

Законы распределения случайных величин заложены в базу данных современной программы «Корм Оптима». Пользователь строит матрицу источников информации о каждом показателе питательности в каждом компоненте. На основании матрицы рассчитывается вероятность попадания каждого показателя из рецепта комбикорма в допустимый для него диапазон отклонений.

При оценке вариаций сырого протеина в комбикорме для кур-несушек (таблица 3) его содержание составило 18,0 %; диапазон допускаемых отклонений, при котором это содержание признается «соответствующим заявленному», — 1,46 %. Рассчитаем вероятность попадания значения сырого протеина, указанного в рецепте, в диапазон 16,54 – 19,46 % при испытании комбикорма в контролирующей лаборатории.

Необходимо проанализировать три источника информации о содержании сырого протеина в компонентах. Подход, когда для всех компонентов используется один источник информации, применен для наглядности. На практике, как правило, по одним компонентам проводится анализ, по другим — используются данные качественного удостоверения, по третьим — табличные данные.

Используя правило сложения дисперсий, можно рассчитать ожидаемое значение отклонений показателей питательности в готовом комбикорме от расчетных значений и вероятность попадания заявленного значения в диапазон допустимых отклонений. Если проводился анализ всех компонентов, у специалиста нет сомнений, что при контрольном испытании их содержание в комбикорме с вероятностью 99 % будет соответствовать рассчитанным значениям (таблицы 3). Если при расчете использовать табличные данные, то вероятность попасть в заданный диапазон составляет только 84 %.

Т а б л и ц а 3

Прогноз отклонений содержания сырого протеина в комбикорме для кур-несушек от расчетного значения

Компонент	% ввода	Содержание сырого протеина, %		Среднеквадратическое отклонение содержания сырого протеина, источники		
		в сырье	в рецепте	первый	второй	третий
1	2	3	4	5	6	7
Ячмень шелушенный	35,31	13,1	4,625	0,0967	0,2848	0,4731
Пшеница	28,50	11,9	3,392	0,0834	0,2626	0,4475
Жмых подсолнечный	15,71	36,1	5,671	0,1080	0,3065	0,5769
Мука мясокостная	3,00	41,6	1,248	0,0602	0,2251	0,2460
Дрожжи кормовые	3,00	40,3	1,209	0,0483	0,2233	0,2506
Мука рыбная	2,50	63,4	1,585	0,0639	0,2301	0,2617
Лизин монохлоргидрат	0,15	94,4	0,142	0,0023	0,2042	0,2042
DL-метионин	0,14	58,1	0,081	0,0022	0,2030	0,2030

1	2	3	4	5	6	7
Масло, сырье минеральное	10,69	—	—	—	—	—
Премикс	1,00	11,0	0,11	0,0479	0,2036	0,2134
В рецепте	100,0	—	18,0	0,2200	0,5219	1,039
Вероятность попадания в диапазон 18,0%±1,46%				99,0%	94,0%	84,0%

Разработанная методика позволяет производителю комбикормов видеть источники нестабильности по каждому показателю питательности, принимать меры к их уменьшению, оптимизировать затраты на анализы и обеспе-

чивать гарантии качества с любой согласованной с заказчиком доверительной вероятностью (чем она больше, тем больший запас по показателям питательности должен быть в рецепте, следовательно, тем он дороже.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 ГОСТ Р 52356-2005. Премиксы. Номенклатура показателей.
- 2 ГОСТ Р ИСО 6497-2011. Корм для животных. Отбор проб.
- 3 Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 2002. 497 с.
- 4 Панин И.Г. Вероятностная методика расчета рецептов комбикормов // Аграрная наука. 2004. №10 С. 13-15.
- 5 Панин И.Г., Колпаков Ю.М., Шенцова Е.Г., Гречишников В.В. Математическая модель вариаций питательных веществ в суточных рационах // Аграрная наука. 2008. №8. С. 25-26.
- 6 ГОСТ 52741-2007. Премиксы. Определение содержания витаминов: В₁ (тиаминхлорида), В₂ (рибофлавина), В₃ (пантотеновой кислоты), В₅ (никотиновой кислоты и никотинамида), В₆ (пиридоксина), В_с (фолиевой кислоты), С (аскорбиновой кислоты) методом капиллярного электрофореза.
- 7 ГОСТ Р 52147-2003. Белково-витаминно-минеральные и амидо-витаминно-минеральные добавки. Методы определения содержания ретинола-ацетата (витамина А), эргокальциферола (холекальциферола) (витамина D), токоферола-ацетата (витамина Е)
- 8 ГОСТ Р 51637-2000. Премиксы. Методы определения массовой доли микроэлементов (Mn, Fe, Cu, Zn, Co).
- 9 ГОСТ Р 50929-96. Премиксы. Методы определения витаминов группы В
- 10 ГОСТ Р 53027-2008. Премиксы. Метод определения витамина К₃.

REFERENCES

- 1 GOST R 52356-2005 Premiksy. Nomenklature pokazatelei [State standard 52356-2005 . The premixes. The range of indicators]. (In Russ.).
- 2 GOST R ISO 6497-2011 Korm dlya zhivotnykh. Otbor prob [State standard 6497-2011 Fodder for animals. Sampling]. (In Russ.).
- 3 Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostei [Theory of probability and mathematical statistics]. Moscow, Vysshaya shkola, 2002. 497 p. (In Russ.).
- 4 Panin I. G. Probabilistic method of calculation of recipes feed. *Agrarnaya nauka*. [Agricultural science], 2004, no. 10, pp. 13-15. (In Russ.).
- 5 Panin I. G., Kolpakov Yu. M., Shentsova E. G., Grechishnikov V. V. Mathematical model of variations of nutrients in daily rations *Agrarnaya nauka*. [Agricultural science], 2008, no. 8, pp. 25-26. (In Russ.).
- 6 GOST 52741-2007. Premiksy. Opredelenie soderzhaniya vitaminov: B₁ (tiaminkhlorida), B₂ (riboflavina) [State standard 52741-2007. The premixes. Determination of vitamins: B1 (teamengland), B2 (Riboflavin), B3 (Pantothenic acid), B5 (nicotinic acid and nicotinamide), B6 (pyridoxine), Sun (folic acid), C (ascorbic acid) by capillary electrophoresis]. (In Russ.).
- 7 GOST R 52147-2003 Belkovo-vitaminno-mineral'nye i amido-vitaminno-mineral'nye dobavki. [State standard 52147-2003. Protein-vitamin-mineral and amido-vitamin-mineral supplements. Methods of determination of co-holding of retinol-acetate (vitamin A), ergocalciferol (cholecalciferol) (vitamin D), tokoferol-acetate (vitamin E)]. (In Russ.).
- 8 GOST R 51637-2000. Premiksy. Metody opredeleniya massovoi doli mikroelementov [State standard 51637-2000. The premixes. Methods for determination of mass fraction of microelements (Mn, Fe, Cu, Zn, Co)].(In Russ.).
- 9 GOST R 50929-96. Remiksy. Metody opredeleniya vitaminov gruppy B [State standard 50929-96. The premixes. Methods for determination of vitamins of group B]. (In Russ.).
- 10 GOST R 53027-2008. Premiksy. Metod opredeleniya vitamina K₃. [State standard 53027-2008. The premixes. Method of determination of vitamin K3]. (In Russ.).

УДК 664.66

Доцент Е.В. Белокурова,
магистрант С.А. Солохин, аспирант А.А. Родионов
(Воронеж. гос. ун-т инж. техн.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса
тел. (473) 255-37-72
E-mail: zvezdamal@mail.ru

Associate professor E.V. Belokurova,
master's degree student S.A. Solokhin, post-graduate A.A. Rodionov
(Voronezh, state university of eng. tech.) Department of service and rest. business
tel: (473) 255-37-72.
E-mail: zvezdamal@mail.ru

Влияние пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» на показатели качества булочных изделий

The effect of probiotic bacterial concentrate "Immunolakt" on bakery products quality

Реферат. В настоящее время в пищевой промышленности большое внимание уделяется разработке новых видов продуктов питания, в том числе мучных изделий с использованием молочнокислых заквасок, которые содержат живые микроорганизмы, витамины группы В: В1, В2, В6, В12, В9, витамины А, С, Е, фолиевую кислоту. В данной работе исследованы технологические аспекты применения пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» в производстве булочных изделий. Опытное изделие разработано на основе классической технологии, с учетом свойств вносимых добавок и с целью корректировки технологических параметров. В результате исследований разработана технология булочных изделий с внесением пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт». Для разработки рецептур изделий из теста использовали пробиотический бакконцентрат «Иммунолакт» в количестве 20, 40, 60, 80 и 100 % взамен части дрожжей в рецептуре. Проведены сравнительные исследования микроструктуры мякиша булочных изделий с добавлением пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» и контрольного образца. Содержание пробиотического бакконцентрата в количестве 40 % и 60 % способствовало образованию более однородной структуры пор и сокращению количества разрывов по их периметру. Определены показатели безопасности контрольной и опытных проб: количество бактерий контрольной и опытных проб булочных изделий находится в пределах нормы. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в опытных образцах меньше, чем в контрольном. Проведена квалиметрическая оценка качества готовых изделий. Разработанные изделия отличаются высокими органолептическими, стабильными физико-химическими показателями качества, повышенной пищевой ценностью. Изделия с внесением пробиотического бакконцентрата позволяют расширить ассортимент хлебобулочных изделий функциональной направленности. Использование пробиотических бакконцентратов позволяет регулировать ход технологического процесса, формировать определенные свойства теста и улучшать качество готовых изделий.

Summary. Nowadays the development of new food products is paid much attention in the food industry. These include also bakery products with lactic starter cultures which contain live microorganisms, vitamins of group B: В1, В2, В6, В12, В9, vitamins А, С, Е, folic acid. In this article the technological aspects of the probiotic bacterial concentrate "Immunolakt" in the manufacture of bakery products were studied. The experimental product was developed on the basis of traditional technology taking into account the properties of the introduced additives to correct some technological parameters. The research resulted in the development of technology of bakery products with the introduction of probiotic bacterial concentrate "Immunolakt". To develop the recipes of dough products probiotic bacterial concentrates "Immunolakt" at 20, 40, 60, 80 and 100% was used instead of a part of yeast in the recipe. Comparative studies of the microstructure of bakery products crumb with the addition of probiotic bacterial concentrate "Immunolakt" and the reference sample were carried out. The content of the probiotic bacterial concentrate of 40% and 60% promoted the formation of a more uniform pore structure and reduction in the number ruptures along their perimeter. Safety indicators of reference and test samples were determined. The number of bacteria of reference and experimental samples of bakery products are in the normal range. The number of mesophilic aerobic and facultative anaerobic bacteria in the test samples is less than in the reference one. Qualimetric evaluation of the quality of finished products was carried out. The developed products are of high organoleptic quality indexes, they are physically and chemically stable, with enhanced nutritional value. Products with the introduction of probiotic bacterial concentrate allow to expand the range of functional orientation bakery products. The use of probiotic bacterial concentrates allows to adjust the course of the technological process, to form the specific properties of the dough and to improve the finished products quality.

Ключевые слова: булочные изделия, пробиотический бакконцентрат «Иммунолакт», физико-химические и органолептические показатели.

Keywords: bakery products, probiotic bacterial concentrate "Immunolakt", physical- and chemical indexes, organoleptic indexes.

В настоящее время в связи с ухудшением социально-экономических условий, повышением антропогенной нагрузки на среду обитания, возрастанием эмоциональной нагрузки, одной из приоритетных государственных задач является обеспечение населения высококачественными продуктами питания. особую актуальность в рационе питания населения сегодня приобретают продукты функциональной направленности, что и ведет к развитию рынка функциональных продуктов.

Все больший интерес вызывают булочные изделия не только с приятным вкусом, но и имеющие функциональную направленность, например, с пониженным содержанием жира и сахара, с внесением нетрадиционного растительного и животного сырья, пониженным содержанием дрожжей.

Увеличение доли обогащенной хлебобулочной продукции выгодно с позиций прибыльности бизнеса, поскольку удовлетворяет растущий спрос покупателей, которые ориентированы на здоровый образ жизни. В тоже время, введение в рацион продукции с дополнительной пищевой ценностью позволяет вносить свой вклад в профилактику некоторых распространенных заболеваний, связанных с дефицитом определенных микронутриентов [1].

В настоящее время в пищевой промышленности большое внимание уделяется разработке новых видов мучных изделий с использованием пробиотических бакконцентратов, которые содержат живые микроорганизмы, витамины группы В: В₁, В₂, В₆, В₁₂, В₉, витамины А, С, Е, фолиевую кислоту.

В данной работе исследованы технологические аспекты применения пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» в производстве булочных изделий. Опытное изделие разработано на основе классической технологии, с учетом свойств вносимых добавок и с целью корректировки технологических параметров.

Целью данного исследования является разработка и научное обоснование технологии булочных изделий с пониженным содержанием дрожжей, обогащенных пробиотическим бакконцентратом, повышенной пищевой ценности и микробиологической безопасности.

В рамках данной цели решались следующие задачи:

– анализ химического состава и качества пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт»;

– анализ возможности и целесообразности применения пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» в производстве булочных изделий;

– определение оптимального количества пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» в рецептуре булочных изделий, и изменение их качества в процессе хранения;

– оценка показателей качества и микробиологических показателей в процессе хранения булочных изделий с внесением пробиотического бакконцентрата.

Микробиологический состав пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» представлен следующими микроорганизмами: *Streptococcus thermophilus*, *Lactococcus lactis-subsp. diacetylactis*, *rhamnosus*.

Т а б л и ц а 1

Органолептические и физико-химические показатели пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт»

Наименование показателя	Пробиотический бакконцентрат «Иммунолакт»
Консистенция	однородная, в меру густая
Вкус и запах	чистый, кисломолочный
Цвет	молочно-белый
Влажность, %	60
Кислотность, град	9

Для приготовления пшеничного теста за основу выбрали классическую рецептуру булочных изделий «Булки русские круглые» (рецептура №1264) [2], представленную в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Рецептура «Булки русские круглые»

Наименование сырья	Расход сырья на 100 кг муки, кг
Мука пшеничная высшего сорта	100,0
Сахар	6,0
Соль	1,5
Дрожжи прессованные	1,0
Масло растительное	0,15
Вода	180

Для разработки рецептов изделий из теста использовали пробиотический бакконцентрат «Иммунолакт» (ПБ) в количестве 20, 40 и 60 % взамен части дрожжей в рецептуре (с учетом влажности сырья).

В таблице 3 приведены основные органолептические и физико-химические показатели качества готовых изделий.

Т а б л и ц а 3

Показатели качества готовых изделий

Наименование показателей	Данные анализа по примерам		
	Контроль	40 % ПБ	60% ПБ
Органолептические показатели			
Внешний вид:			
форма	Правильная, круглая, соответствующая форме, в которой производилась выпечка		
поверхность	Гладкая без трещин и разрывов		
цвет	Светло-желтый		
Состояние мякиша	Пропеченный, невлажный на ощупь, эластичный, без комочков и следов непромеса. Пористость развитая, без пустот и уплотнений.		
Вкус и запах	Свойственный данному виду изделия		
Физико-химические показатели			
Влажность, %	42,0	42,0	42,0
Кислотность, град	2,8	2,8	3,0
Пористость, %	72,0	73,0	75,0
Удел. объем, см³/100 г	320,0	330,0	340,0
Прод-ть хранения, ч.	96	120	120

По органолептическим показателям опытные пробы превосходят контрольные за счет вносимых добавок. Отмечено также, что пористость изделий с внесением 40 % пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» увеличивается на 1,5 %, с внесением 60 % – на 4,5 %. Удельный объем изделий увеличивается на 3,2 и 6,5 % соответственно.

Проведены сравнительные исследования микроструктуры мякиша булочных изделий с добавлением пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» и контрольного образца.

Из четырех представленных образцов: образец №1 - 20% пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт», образец №2- 40 % ПБ, образец №3-60% ПБ, образец №4- контроль, все образцы мякиша имели пористую структуру, но количество, размер и толщина стенки пор существенно различались.

Различия в качестве мякиша булок, и содержании форм связи воды в нем в зависимости от доли внесенного пробиотического бакконцентрата и уменьшение количества дрожжей приводили к изменениям в микроструктуре мякиша.

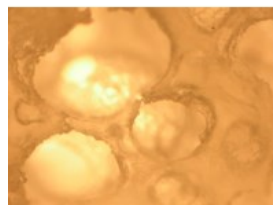
Влияние содержания пробиотического бакконцентрата на микроструктуру мякиша булочных изделий представлены на рисунке 1.



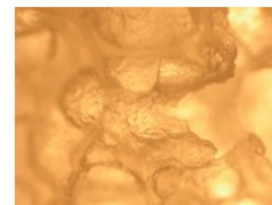
20% ПБ «Иммунолакт»



40% ПБ «Иммунолакт»



60% ПБ «Иммунолакт»



Контроль

Рисунок 1. Влияние содержания пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» на микроструктуру мякиша булочных изделий

Образцы мякиша булочных изделий 40 % ПБ и образец 60 % ПБ имели большее количество микро и макропор различного размера, тогда как остальные образцы мякиша булочных изделий имели достаточно крупные толстостенные поры, целостность перегородок между порами хорошо сохранилась.

Поверхность стенок пор в образцах 40 % ПБ и 60 % ПБ более гладкая и ровная. В образцах 20 % ПБ и контрольном наблюдается наличие разрывов по периметру пор и большого количества частиц. Выявились признаки деформации и деструкции микроперегородок, что служит причиной образования крошковатости и снижает потребительские свойства продукта. В образцах 40 % ПБ и 60 % ПБ архитектура микроструктуры мякиша свидетельствует об оптимальных реологических свойствах. Содержание пробиотического бакконцентрата в количестве 40 % и 60 % способствовало образованию более однородной структуры пор и сокращению количества разрывов по их периметру.

Показатели безопасности контрольной пробы и булочных изделий с внесением пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

Микробиологические показатели безопасности

Наименование показателей, единицы измерения	Значение показателей		
	Контроль Дрожжи 100% ПБ 0%	№ 1 Дрожжи 60% ПБ 40%	№ 2 Дрожжи 40 % ПБ 60 %
КМАФАМ, КОЕ/г.	3 10 ³	4,0 10 ²	2,1 10 ³
Плесени, КОЕ/г.	менее 10	10	менее 10
Дрожжи, КОЕ/г.	3,4 10 ³	менее 10	2,5 10 ²

Из таблицы 4 видно, что количество бактерий контрольной и опытных проб булочных изделий находится в пределах нормы. Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов в опытных образцах меньше, чем в контрольном. Содержание дрожжей в опытных образцах меньше, чем в контроле, что объясняется снижением количества дрожжей в рецептуре.

Т а б л и ц а 5

Показатели качества изделий

Наименование показателя	Значения показателей качества			
	контроль	20 % ПБ	40 % ПБ	60% ПБ
Внешний вид, балл	5	5	5	5
Форма, балл	4	5	4	4
Цвет корки, балл	5	5	4	5
Пропеченность, балл	5	5	5	5
Промес, балл	5	5	5	5
Вкус, балл	4	5	5	5
Запах, балл	4	5	5	5

ЛИТЕРАТУРА

1 Белокурова Е.В., Курова М.А., Кузнецова М.А. Возможность повышения комплексных показателей качества булочных изделий внесением продуктов переработки перегородок грецкого ореха // Актуальная биотехнология. 2013. № 3. С. 9-12.

2 Здобнов А.И., Цыганенко В.А.: Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: Для предприятий общественного питания. М.: ИКТЦ «Лада», 2011. 211 с.

3 Родионова Н.С., Попов Е.С., Тефикова С.Н., Яковлева Я.А. Расширение ассортимента мучных кондитерских изделий собственного производства для предприятий сектора HORECA // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-12. С. 2570-2574.

4 Белокурова Е.В., Дерканосова А.А. Пищевые сухие композитные смеси в производстве мучных кулинарных и хлебобулочных изделий функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2013. № 2 (56). С. 119-124.

5 Родионова Н.С., Дерканосова А.А. Анализ экономической эффективности инновационной технологии производства мучных кондитерских изделий для бортового питания // Вестник ВГУИТ. 2011. № 4. С. 58-60.

После выпечки через 3 часа в изделиях определяли следующие показатели: органолептические – внешний вид, форма, цвет корки, пропеченность, промес, вкус, запах; физико-химические – влажность, кислотность, пористость, удельный объем.

Показатели качества пшеничных булочных изделий с внесением пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» приведены в таблице 5.

В результате проведенного эксперимента можно сделать следующие выводы:

– проведен анализ возможности и целесообразности применения пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт» в производстве булочных изделий;

– подобран пробиотический бакконцентрат и оптимальное количество внесения: пшеничное тесто ПБ «Иммунолакт» 40-60 %;

– проведена оценка показателей качества и микробиологических показателей в процессе хранения булочных изделий с внесением пробиотического бакконцентрата «Иммунолакт».

REFERENCES

1 Belokurova E.V., Kurova M.A., Kuznetsova M.A. The ability to increase the performance of complex quality bakery products making food processing partitions walnut. Aktualnaya biotekhnologiya [Actual biotechnology], 2013, no. 3, pp. 9-12. (In Russ.).

2 Zdobnov A.I., Tsyganenko V.A. Sbornik receptur blyud i kulinarykh izdeliy [Collection of recipes of food and culinary products: For catering]. Moscow, Lada, 2011. 211 p. (In Russ.).

3 Rodionova N.S., Popov E.S., Tefikova S.N., Yakovleva Ya.A. Expanding the range of flour confectionery products of own production for companies in the HORECA. Fundamentalnye issledovaniya. [The fundamental research], 2015, no. 2-12, pp. 2570-2574. (In Russ.).

4 Belokurova E.V., Derkanosova A.A. Food dry composite mixtures in the production of bakery and flour culinary products of functional purpose. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET], 2013, no. 2 (56), pp. 119-124. (In Russ.).

5 Rodionova N.S., Derkanosova A. A. Analysis of economic efficiency of innovative technology for the production of flour confectionery products for catering. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET], 2011, no. 4, pp. 58-60. (In Russ.).

УДК 664.38:664.644.53

Профессор В.В. Колпакова, к.э.н. Д.Н. Лукин,
(ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов)

тел. (495) 557-15-00

E-mail: val-kolpakova@rambler.ru

к.б.н. Л.В. Чумикина,

(Институт биохимии им. А.Н.Баха) тел.: +7 (495) 336-19-35

E-mail: chumikina@mail.ru

к.б.н. Л.В. Шевякова

(Научно-исследовательский институт питания РАН) тел. (495) 698-57-36

E-mail: bessonov@ion.ru

Professor V.V. Kolpakova, Ph.D. D.N. Lukin,

(All-Russian Research Institute for Starch Products)

phone (495) 557-15-00

E-mail: val-kolpakova@rambler.ru

Ph.D. L.V. Chumikina,

(Institute of biochemistry n.a. A.N. Bach)

phone +7 (495) 336-19-35

E-mail: chumikina@mail.ru

Ph.D. L.V. Shevyakova

(Food research institute of RAS)

phone (495) 698-57-36

E-mail: bessonov@mail.ru

Химический состав и функциональные свойства рисовых белковых концентратов

Chemical composition and functional properties of rice protein concentrates

Реферат. Традиционно рис и продукты его переработки используются для приготовления каш, плова, салатов, кондитерских, рыбных, молочных и мясных изделий, в то же время разрабатываются новые способы его переработки с выделением белковых продуктов для более эффективного их использования, включая применение в глютеносвободной диете. Целью данной работы явилось сравнительное исследование пищевой, биологической ценности и функциональных свойств белковых и белково-кальциевых концентратов, полученных из рисовой муки, смолотой из белого и коричневого риса. Методы исследования применяли традиционные и специальные. Концентраты выделяли биохимическим способом с применением ферментных препаратов амилолитического, ксиланазного действия с последующим растворением белка в разбавленной соляной кислоте. Концентраты отличались по содержанию минеральных веществ (кальция, цинка, железа и других элементов), аминокислот и функциональным свойствам. Белковый концентрат из коричневого риса содержит меньше белка (78-80 %), но больше кальция, железа и цинка, чем концентрат из белого риса, полученный при тех же технологических режимах. Концентрат из белого риса содержит больше калия, магния, кобальта, молибдена и хрома. Оба вида концентратов содержат незаменимые аминокислоты в большем количестве, чем эталонный белок. Лимитирующими аминокислотами у них являются лизин и изолейцин. Перевариваемость концентрата из коричневого риса с пепсином и панкреатином *in vitro* выше, чем у яичного альбумина, а у концентрата из белого риса она выше, чем из коричневого. значения функциональных свойств и показатели пищевой ценности концентратов из белого риса свидетельствуют о целесообразности использования их в пищевых изделиях, в том числе и без глютена, приготовленных на основе пенных и эмульсионных систем, а из коричневого риса – на основе использования эмульсионных систем. Белковые концентраты из коричневого риса имеют более низкую пенообразующую способность, тогда как стабильность пены вообще отсутствует.

Summary. Traditionally rice and products of its processing are used to cook porridge, pilaf, lettuce, confectionery, fish, dairy and meat products. At the same time new ways of its processing with releasing of protein products for more effective using, including the use of a gluten-free diet, are developing. The task of this study was a comparative research of nutrition and biological value and functional properties of protein and protein-calcium concentrates produced from rice flour milled from white and brown rice. The traditional and special methods were used. Concentrates were isolated with enzyme preparations of xylanase and amylolytic activity with the next dissolution of protein in diluted hydrochloric acid. Concentrates differed in the content of mineral substances (calcium, zinc, iron and other elements), amino acids and functional properties. The values of the functional properties and indicators of the nutritional value of concentrates from white rice show the advisability of their using in food products, including gluten-free products prepared on the basis of the emulsion and foam systems, and concentrates from brown rice in food products prepared on the basis of using of the emulsion systems. Protein concentrates of brown rice have a low foaming capacity and there is no foam stability at all.

Ключевые слова: белый рис, коричневый рис, белковые концентраты, пищевая ценность, функциональные свойства

Keywords: white rice, brown rice, protein concentrates, nutritional value, functional properties.

© Колпакова В.В., Лукин Д.Н.,
Чумикина Л.В., Шевякова Л.В., 2015

Рис является основным продуктом питания для 2,5 млрд. человек в Азии и сотен миллионов людей других континентов. Зерно перерабатывают в крупу, муку, спирт, пиво и т.д. Рисовые продукты, обладая высокой питательной ценностью, используются для приготовления каш, плова, салатов, кондитерских, рыбных, молочных и мясных изделий [1]. Рисовая мука заменяет крахмал, соевые концентраты, изоляты, пшеничную муку, используется для придания изделиям приятного вкуса и внешнего вида. Мука не имеет ограничений по предельно допустимой концентрации (ПДК) или ЛД₅₀. Продукты переработки риса не содержат проламинаковую фракцию «глутена», которая у некоторых людей вызывает аллергию с нарушением пищеварения (целиакия), поэтому они применяются в диетическом питании людей всех возрастов, особенно детей (каши, консервы для детского питания и т.д.). Рис является источником незаменимых аминокислот, минеральных веществ, витаминов группы В.

В мире широко используются описанные выше традиционные способы переработки риса, однако продолжается поиск перспективных путей его переработки с получением белковых ингредиентов с хорошими питательными и функциональными свойствами [2]. Одним из преимуществ белков риса является повышенное содержание в них лизина (3-4 %), при этом до 80 % их количества приходится на глютениновую фракцию, для выделения которой обычно используют растворы щелочи, даже если применяют энзимы. Но так как щелочь денатурирует белки, разрушая структуру некоторых аминокислот и, прежде всего, лизина, то нами разработан новый способ выделения рисовых белковых концентратов из муки [3], включающий обработку рисовой муки с ферментными препаратами (ФП) амилазного и ксиланазного действия последующим экстрагированием белков разбавленной соляной кислотой. Определены режимы экстрагирования и осаждения белков с цитратом и без цитрата кальция для получения, соответственно, белкового (БК) или белково-кальциевого концентратов (БКК) с выходом 7,8-8,1 % от общего количества муки. В литературе имеются сведения, что коричневый рис обогащен микронутриентами, поэтому он предпочтителен в отношении пищевой ценности, в то же время нет данных о белковых препаратах, получаемых из коричневого риса, пищевой ценности и возможности их применения в производстве пищевых изделий в сравнении с белковыми продуктами из белого риса.

Целью данной работы явилось определение показателей пищевой, биологической ценности и функциональных свойств белковых концентратов из белого и коричневого риса, полученных по разработанному нами способу, и определение возможности их использования в производстве изделий с различными пищевыми системами.

В качестве материалов использовали муку из белого риса марки «Гао там» и муку из коричневого риса марки «Тхай Зыонг» (Вьетнам). Муку получали на мельничном оборудовании с размерами частиц, проходящих через сито № 43ПА-70. В качестве энзимов применяли ферментные препараты от фирмы Novozymes (Дания): Фунгамил Супер АХ с амилалитической активностью 2500 ед./г и грибной ксиланазной активностью 500 ед./г.

Белки выделяли при гидромодуле вода:мука 1:6, концентрации ФП 70-75 ед./г сырья, рН 5.0, температуре 67 °С в течение 2 ч., после чего от осадка на центрифуге отделяли супернатант 1, к остатку добавляли раствор 0,01 н. HCl и проводили экстракцию при гидромодуле 1:9 в течение 2 ч. Экстракт отделяли центрифугированием, объединяли с супернатантом 1 и добавляли 2 % цитрата натрия для осаждения белка, который высушивали лиофильным способом. Все реагенты были химические чистые.

Массовую долю влаги в муке, БК и БКК определяли методом высушивания до постоянной массы при температуре 100-105 °С, массовую долю белка – методом Кьельдаля, жира – экстракцией в аппарате Сокслета с диэтиловым эфиром, зольность – методом сжигания при 600-900 °С [10]. Восстанавливающие сахара анализировали методом Бертрана, содержание клетчатки – методом Кюршнера и Ганека. Общее количество гемицеллюлоз определяли гидролизом 2 %-ной соляной кислотой с последующим анализом сахаров по методу Бертрана. Массовую долю углеводов в белковых продуктах рассчитывали вычитанием из 100 г массовой доли белка, жира, золы и влаги. Массовую долю всех показателей выражали как процент от общей массы продукта.

Аминокислотный состав белков определяли на хроматографе модели L-8800 фирмы «Hitachi» (Япония) с сульфированным сополимером стирола с дивинилбензолом и ступенчатым градиентом натрий-цитратных буферных растворов с возрастающим значением рН и молярности. Данные обрабатывались в online системе «МультиХром 1.52» для Windows 98

(Россия). 3-5 мг образца помещали в стеклянную ампулу и добавляли 300 мкл смеси концентрированной соляной и трифторуксусной кислот (2:1) с 0,1 % 2-меркаптоэтанола. Образец замораживали в жидком азоте, вакуумировали и проводили гидролиз при 155 °С 1 ч. Содержимое ампулы переносили в пробирку и досуха удаляли гидролизующую смесь, повторив дважды процедуру упаривания на Centrivar Concentrator Labconco (США). К сухому остатку добавляли 0,1 н HCl и центрифугировали 5 мин при 800хg на центрифуге Microfuge 22R (Beckman-Coulter,US). При расчете аминокислотного сгора использовали шкалу эталонного белка ФАО/ВОЗ (1985 г.).

Содержание минеральных веществ определяли минерализацией проб сухим озолением с последующим измерением концентрации элемента в растворе минерализата методом пламенной атомной абсорбции.

Перевариваемость белков определяли *in vitro* с использованием пепсина и панкреатина по методу Покровского и Ертанова. Продукты гидролиза определяли по Лоури и выражали в мг тирозина на г белка. Степень перевариваемости выражали как отношение количества продуктов гидролиза в растворе после действия ферментов, выраженное в мг тирозина к общему количеству тирозина, содержащегося в навеске образца.

Функциональные свойства рисовых концентратов определялись по методикам, описанным в работе [4].

Анализы проводились в 3-4 повторностях, результаты представляли как средние арифметические, достоверными считались значимости различий при $p < 0.05$. Статистическую обработку результатов осуществляли с применением программы Statistica 6.0.

Химический состав рисовой муки и белковых концентратов, полученных по разработанному нами способу, оценивали по содержанию белка, жира, клетчатки, восстанавливающих сахаров, крахмала, гемицеллюлоз, влаги и зольности. Из таблицы 1 видно, что исследуемые белковые продукты относились к группе «Концентраты». Концентраты из коричневого риса содержат на 5-6 % меньше белка, но на 45-55 % больше крахмала, по сравнению с БК из белого риса, а содержание зольных элементов, клетчатки и жира, практически, одинаковое. В БК из коричневого риса в 2,3 раза больше кальция, в 1,1 – 2,5 раза больше железа, цинка, и, наоборот, в нем

в 1,1 – 3,2 раза меньше калия, магния, натрия, кобальта, молибдена, хрома, свинца и кадмия. Для концентрата, осажденного солью кальция, у обоих вида риса также обнаружены отличия. У белого риса БКК, в отличие от БК, содержит в 4,3 раза больше зольных элементов, среди них почти в 100 раз больше кальция, в 1,7 раза железа, в 3,5 раза цинка, в 1,7 раза молибдена и в 1,13 раза больше марганца. Аналогичные закономерности отличий в количестве минеральных элементов в БКК, по сравнению с БК, обнаружены и у коричневого риса. В БКК в 42 раза больше содержится кальция, железа – на 14 % и цинка в 2 раза. Если же сравнить между собой БКК из коричневого и белого риса, то видно, что первый содержит на 7 % больше кальция и в 1,6 раза больше железа, тогда как калия, магния, кобальта, молибдена, хрома и кадмия, наоборот, значительно меньше.

Определение аминокислотного состава концентратов показало, что концентраты богаты такими заменимыми аминокислотами, как пролин, аспарагиновая, глутаминовая кислоты и аргинин, что в целом соответствует особенностям зерновых белков (таблица 2).

Таблица 1

Химический состав концентратов, г/100г продукта

Показатели	Белый рис		Коричневый рис	
	БК	БКК	БК	БКК
Влага	5.0±1.0	5.0±1.0	5.0±1.0	5.0±1.0
Белок	84±1.0	84±1.0	79±1.0	79±1.0
Крахмал	10 ±1.0	9.6±1.0	15.1±1.0	14.7±1.0
Клетчатка	0.3±0.3	0.3±0.3	0.3±0.2	0.3±0.15
Жир	0.3±0.04	0.3±0.03	0.3±0.03	0.3±0.02
Зола	0.30±0.05	1.30±0.04	0.25±0.06	1.25±0.07
Минеральные элементы, мг/кг продукта:				
калий	103.0	46.3	73.1	33.2
кальций	73.4	7010	170.0	7504
магний	366.0	350.0	193.0	190.1
натрий	140.0	107.0	128.0	98.2
железо	3.26	5.40	8.10	9.20
медь	4.00	4.57	4.36	4.70
марганец	2.35	2.66	2.10	2.43
цинк	10.20	35.9	17.0	34.2
кобальт	0.019	0.020	0.009	0.010
молибден	0.259	0.448	0.104	0.24
хром	0.080	0.094	0.025	0.035
свинец	0.090	0.099	0.058	0.061
кадмий	0.088	0.089	0.033	0.040

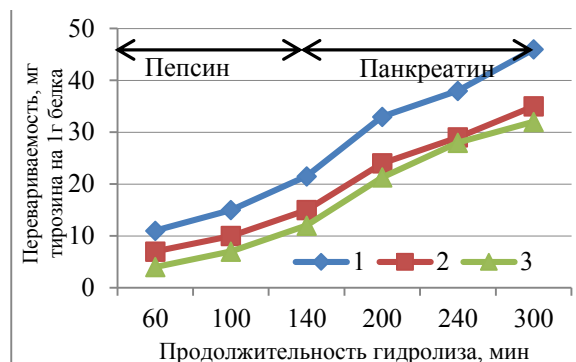
Т а б л и ц а 2

Аминокислотный состав рисовых концентратов

Аминокислота	Аминокислоты, г/ 100 г белка		Аминокислотный скор, %	
	Рис			
	Бе- лый	Корич- невый	Белый	Корич- невый
Изолейцин	3.4	3.2	85	80
Лейцин	7.6	6.7	108	96
Лизин	3.2	2.9	58	53
Метионин (М)	1.5	1.7	М+Ц	
Цистин (Ц)	1.9	2.0	97	107
Фенилаланин + тирозин	9.6	7.8	152	123
Треонин	4.8	4.4	110	120
Валин	5.5	5.5	110	110
Аспарагино- вая кислота	9.5	9.5		
Серин	5.5	5.5		
Глутаминовая кислота	19.6	18.6		
Пролин	6.7	6.2		
Глицин	4.8	5.1		
Аланин	6.4	6.0		
Гистидин	1.9	1.9		
Аргинин	10.6	11.0		

Концентраты рисовых белков хорошо сбалансированы по незаменимым аминокислотам: треонину, валину, лейцину, серусодержащим, ароматическим аминокислотам. Первой лимитирующей аминокислотой являлся лизин, второй - изолейцин. Содержание лизина обнаружено несколько больше, а изолейцина - меньше, чем опубликовано, например, Кальманом [5] для концентрата из органических рисовых отрубей (2,7 и 4,4 г/100 г, соответственно). В БК из коричневого риса содержалось меньше лейцина, лизина, фенилаланина с тирозином, но несколько больше серосодержащих аминокислот, чем в БК из белого риса. Общая сумма незаменимых аминокислот в БК из коричневого риса составила 34,2, из белого риса – 37,5 г/100 г белка, что на 2,2 и 5,4 г/100 г, соответственно, больше, чем в эталонном белке.

Для характеристики пищевой и биологической ценности белков исследовали степень их перевариваемости, о которой судили по скорости гидролиза и количеству продуктов ферментативного протеолиза в пересчете на содержащийся в них азот аминокислот. Перевариваемость бк *in vitro* изучали в сравнении с яичным альбумином.

Рисунок 1. Перевариваемость белков рисовых концентратов *in vitro*

Белковые концентраты: 1 – БК из белого риса; 2 – БК из коричневого риса; 3 – яичный альбумин (контроль)

Из рисунка 1 видно, что на первой стадии у всех образцов атакуемость белков пепсином протекала медленнее, чем панкреатином. С увеличением времени протеолиза степень перевариваемости белков постепенно повышалась, через 1 ч после начала действия панкреатина она резко увеличилась, затем вновь плавно повышалась. Гидролиз белков более интенсивно протекал у рисовых концентратов, чем у яичного альбумина; концу гидролиза перевариваемость БК из белого риса под действием пепсина превышала перевариваемость яичного альбумина в 1,5 раза, а с панкреатином – в 2,8 раза. Важно отметить, что перевариваемость БК из коричневого риса на всем протяжении протеолиза с пепсином на 38-66 %, а с панкреатином – на 28-50 % ниже, чем перевариваемость концентрата из белого риса. Таким образом, полученные результаты в условиях *in vitro* можно использовать для прогнозирования степени утилизации белков организмом в составе пищевых продуктов, содержащих концентрированные препараты риса.

Для оценки возможности использования концентратов в производстве пищевых изделий изучены их функциональные свойства (таблица 3). Видно, что ЖСС, ВСС и растворимость концентрата, полученного из белого риса без цитрата кальция, выше на 10-15%, чем аналогичные свойства у БК из коричневого риса.

Значительные различия обнаружены для пенообразующих свойств: у БК из белого риса ПОС почти в 5-6 раз выше, чем у БК из коричневого риса; стабильность пены у БК из коричневого риса вообще отсутствовала. Осаждение белков солями кальция практически не повлияло на растворимость, ЖСС, ЖЭС и СЭ концентратов, содержащих цитрат кальция, для обоих видов риса, тогда как значения пенообразующих свойств уменьшились: на 11-18 % у белого риса и на 60 % - у коричневого. Значения всех функциональных свойств БКК из коричневого риса, по-прежнему, оставались ниже, чем значения

свойств БКК из белого риса. Таким образом, пенообразующие свойства рисовых концентратов оказались наиболее подвержены изменению под влиянием цитрата кальция.

Т а б л и ц а 3

Функциональные свойства рисовых концентратов

Функциональные свойства	Белый рис		Коричневый рис	
	БК	БКК	БК	БКК
	1	2	3	4
ВСС, г/г	1.50±0.02	1.49±0.03	1.32±0.03	1.29±0.05
ЖСС, г/г	1.42±0.02	1.41±0.04	1.27±0.05	1.26±0.03
ЖЭС, %	50±3.1	50±2.1	46±1.1	46±1.0
СЭ, %	50±2.3	50±2.2	48±1.3	48±2.0
ПОС, %	90±1.1	81±1.2	16±1.0	10±0.8
СП, %	83,0±1.1	70±1.2	0	0
Растворимость, %	3.0±0.6	3.0±0.5	2.6±0.1	2.6±0.2

Примечание: концентраты: 1, 3 - без цитрата кальция; 2, 4 - с цитратом кальция; ВСС - водосвязывающая способность; ЖСС - жиросвязывающая способность; ПОС - пенообразующая способность; ЖЭС - жирозмульгирующая способность; СЭ - стабильность эмульсии; СП - стабильность пены

Таким образом, исследована пищевая и биологическая ценность белковых концентратов из белого и коричневого риса, выделенных осаждением белков в изoeлектрической точке с цитратом и без цитрата кальция, изучены функциональные свойства концентратов. Установлено, что БК из коричневого риса содержит на 5-6 % меньше белка (78-80 %), но больше кальция, железа и цинка, чем концентрат из белого риса, полученный при тех же технологических режимах. С другой стороны,

в БК из белого риса содержится больше калия, магния, кобальта, молибдена и хрома. Оба БК содержат незаменимые аминокислоты в большем количестве, чем эталонный белок. Лимитирующими аминокислотами обоих БК являются лизин и изолейцин. Перевариваемость БК из риса с пепсином и панкреатином *in vitro* выше, чем у яичного альбумина, а у БК из белого риса она выше на 28-38 %, чем у БК из коричневого риса.

БКК, полученные осаждением белков с цитратом кальция, содержит в своем составе значительно больше кальция и цинка, чем БК, произведенные без цитрата кальция, что позволяет заключить о возможности применения концентратов в составе пищевых продуктов для профилактики дефицита в организме указанных выше микронутриентов. Функциональные свойства БК из коричневого риса отличаются от аналогичных свойств БК из белого риса: ВСС, ЖСС и ЖЭС незначительно, но ниже, тогда как ПОС намного меньше у БК из коричневого риса, стабильность пены у последнего вообще отсутствовала. Присутствие кальция в составе обоих концентратов несколько понижало ПОС и практически не отражалось на всех других функциональных свойствах. БК и БКК из белого риса рекомендуется использовать как в эмульсионных, так и пенных системах, тогда как концентраты из коричневого риса - целесообразней применять в эмульсионных или каких-то иных системах, на что укажут дальнейшие исследования.

Работа поддержана Грантом Президента РФ ведущей научной школы
№ НШ-5834.2014.4

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Тихомирова Н.А., Ле Тхи Диеу Хуонг Сухой молокосодержащий продукт для школьного питания // Молочная промышленность. 2013. № 5. С. 77-78.
- 2 Hou L., Zhu Y., Li Q. Characterization and preparation of broken rice proteins modified by proteases // Food Technol. Biotechnol. 2010. № 1. P. 50-55.
- 3 Куинь Ч. Ф., Колпакова В.В. Растворимость и выход белков рисовой муки в присутствии ферментных препаратов // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 4. С.30-33.
- 4 Колпакова В.В., Фан Куинь Чам, Юдина Т.А., Шевякова Л.В. и др. Использование рисовых концентратов в мучных безглютеновых изделиях // Хлебопродукты. 2015. № 10. С. 36-41.
- 5 Kalman D.S. Amino acid composition of an organic brown rice protein concentrate and isolate compared to soy and whey concentrates and isolates // Foods. 2014. № 3. P. 394-402.

REFERENCES

- 1 Tikhomirova N.A., Le Thi Hieu Hong dry milk-containing product for school nutrition. *Molochnaya promyshlennost'*. [Dairy industry], 2013, no. 5, pp. 77-78. (In Russ.).
- 2 Hou L., Zhu Y., Li Q. Characterization and preparation of broken rice proteins modified by proteases. *Food Technol. Biotechnol.*, 2010, no. 1, pp. 50-55.
- 3 Quynh Ch. F., Kolpakova V.V. Solubility and protein yield of rice flour in the presence of enzyme preparations. *Izvestiya vuzov. [Proceedings of the universities. Food technology]*, 2012, no. 4, pp. 30-33. (In Russ.).
- 4 Kolpakova V.V., Phan Quynh Cham, Yudina T.A., Shevyakova L.V. et al. The use of rice flour concentrates gluten-free products. *Khleboprodukty. [Bakery]*, 2015, no. 10, pp. 36-41. (In Russ.).
- 5 Kalman D.S. Amino acid composition of an organic brown rice protein concentrate and isolate compared to soy and whey concentrates and isolates. *Foods*, 2014, no. 3, pp. 394-402.

УДК 619: 615.07: 636.2

Заместитель директора И.В. Жуков,

(Липецкий филиал Тульской межобластной ветеринарной лаборатории)

тел. 8-903-861-38-55

E-mail: referent.tl@mail.ru

аспирант А.А. Ушкова

(Воронежский государственный аграрный университет имени Императора Петра I)

тел. 8-904-685-94-90

E-mail: vasilek-48-lip@mail.ru.

Vice director I.V. Zhukov,

(Lipetsk branch the Tula interregional veterinary laboratory)

phone 8-903-861-38-55

E-mail: referent.tl@mail.ru

postgraduate A.A. Ushkova

(Voronezh state agriculture University name of Emperor Peter I)

phone 8-904-685-94-90

E-mail: vasilek-48-lip@mail.ru.

Изучение причин нарушений обмена веществ и низкой напряжённости специфического иммунитета у кур-несушек

The study of the causes of metabolic disorders and low intensity of specific immunity in laying hens

Реферат. В настоящее время всё больший интерес ветеринарных специалистов привлекают средства для повышения продуктивности и резистентности продуктивных животных. Анализ концепции современной ветеринарии показывает, что особое внимание следует уделять терапевтическому и профилактическому применению максимально близких к природным и экологически безопасным ветеринарным препаратам, которые позволят провести физиологическую коррекцию патологии сельскохозяйственных животных и одновременно обеспечат отсутствие в продуктах животноводства вредных для здоровья человека лекарственных метаболитов. Результаты экспериментальных исследований и производственных испытаний позволяют рекомендовать иммуномодуляторы для широкого внедрения в практику промышленного скотоводства и птицеводства, что является экономически выгодным и позволит существенно повысить качественные и количественные характеристики получаемой животноводческой продукции. Иммуномодуляторы являются безопасными в токсикологическом плане и обладают широким спектром фармакологических эффектов. Помимо иммунокорректоров на иммунитет сельскохозяйственных животных благоприятное действие оказывают гуминовые препараты. Их использование проявляется повышением качества получаемого молодняка, снижением частоты возникновения родовой и послеродовой патологии маточного поголовья, повышением среднесуточных привесов животных мясного направления продуктивности, повышением производства яиц в птицеводстве, повышением резистентности и сохранности поголовья сельскохозяйственных животных различных видов и разных технологических групп. Гуминовые препараты способствуют повышению иммунитета организма, повышают активность клеточного и гуморального звеньев иммунитета, снижают содержание продуктов перекисного окисления липидов и повышают активность ферментов-антиоксидантов, оказывают регулирующее влияние на систему гемопоэза, способствуют нормализации синтетической и дезинтоксикационной функций печени.

Summary. Currently an increasing interest in veterinary specialists raise funds to improve productivity and resistance of productive animals. Special attention should be paid to the therapeutic and prophylactic use most close to natural and environmentally friendly veterinary drugs. They will allow physiological correction of the pathology of farm animals and at the same time will ensure that no animal products are harmful to human health drug metabolites. The results of experimental studies and field tests suggest that immune modulators for wide implementation in practice of industrial livestock and poultry. This is a cost-effective and will significantly improve the qualitative and quantitative characteristics of the resulting animal products. Immunomodulators are safe in Toxicological terms and possess a wide spectrum of pharmacological effects. Addition of immunomodulators on the immune system of farm animals favorable effect of humic drugs. They enhance the quality of young animals, reduce the incidence of birth and postpartum pathology breeding stock, increase average daily gain of animals beef cattle productivity, increasing egg production in poultry, increase resistance and preservation of animals of different species and different technological groups. Immunomodulators enhance immunity, increase the activity of the cellular and humoral immunity, reduce the amount of products of lipid peroxidation and increase the activity of enzymes-antioxidants, have a regulating effect on system of a hemopoiesis, normalize synthetic and detoxification of the liver.

Ключевые слова: болезнь Ньюкасла, биохимические исследования, исследования комбикорма

Key words: Newcastle disease, biochemical studies, research feeds

© Жуков И.В., Ушкова А.А., 2015

Кризисные явления в России привели к резкому снижению производства яиц и мяса птицы отечественными предприятиями. Птицеводство сегодня – реальный источник пополнения ресурсов продовольствия в стране, которое является наиболее динамичной отраслью агропромышленного комплекса [1].

Однако при неправильном и однообразном кормлении у птиц возникают болезни обмена веществ, которые составляют около 35 % от общего числа павшей птицы [4]. Птица выглядит взъерошенной, снижается аппетит, наблюдается угнетение. Знание особенностей пищеварения и обмена веществ у птицы имеет решающее значение в повышении её продуктивности [2]. Поэтому изучение причин нарушений обмена веществ у птиц в настоящее время крайне актуально [3].

Исследования биологического статуса кур-несушек: зона №6 (10 голов), зона №5 (10 голов), зона №9 (10 голов) и исследования скормливаемого комбикорма и напряжённости иммунитета к болезни Ньюкасла.

Морфологическое и биохимическое исследование крови и печени кур-несушек показало, что величины изучаемых показателей варьируют в большом диапазоне и по ряду показателей выходят за пределы нижних и верхних границ физиологической нормы (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Морфологические и биохимические показатели крови и печени кур-несушек Кобб 500 (n=10)

Показатели	Возраст кур-несушек			
	Зона 6 210 дней	Зона 5 260 дней	Зона 9 390 дней	Норма
Эритроциты, $10^{12}/л$	3,23	2,50	3,23	3,0-4,0
Гемоглобин, г/л	100,0	109,8	111,9	80-130
Общий белок в сывор. крови, г/л	62,0	65,5	62,2	43-60
Мочевая кислота, мМ/л	0,417	0,417	0,402	119-890
Холестерин, мМ/л	3,92	4,80	3,97	2,8-5,2
Общие липиды, г/л	11,0	9,91	10,6	3,6-21,0
Глюкоза, мМ/л	11,0	12,1	11,3	1,41-7,77
Кальций в сыворотке крови, мМ/л	5,22	4,87	5,06	3,75-5,0
Неорг. фосфор в сывор. крови, мМ/л	2,80	2,21	2,43	1,45-1,78
Са/Р	1,86	2,17	2,08	2,0-2,5
АсАТ, Е/л	226,8	313,5	191,0	6,65-27,0
АлАТ, Е/л	2,40	3,00	2,00	1,67-9,94
АсАТ/АлАТ	94,5	104,5	95,5	1,0-1,5
Щелочная фосфатаза (вит. Д ₃) в сывор. крови, ед. Бод.	6,47	5,47	5,13	6-9

Продолжение табл. 1

Каротин, мкМ/л	2,91	2,73	2,53	3,56-5,60
Витамин А, мкМ/л	5,83	3,07	2,63	2,5-3,50
Витамин Е, мкМ/л	25,5	8,87	29,0	6,5-19,0
Витамин С, мкМ/л	50,1	39,4	56,1	-
Сумма метаболитов NOx, мМ/л	24,2	19,9	34,0	-
Витамин А в печени, мкг/г	295,3	582,9	562,6	700-900
Витамин Е в печени, мкг/г	27,8	42,8	119,9	20-26
Витамин С в печени, мкг/г	237,9	250,7	235,1	28-40
Витамин В ₂ в печени, мкг/г	9,80	9,20	8,90	15-22

Из приведённой таблицы видно, что уровень гемоглобина в пределах физиологических границ нормы у всех обследованных кур.

В сыворотке крови кур содержание общего белка незначительно превышает физиологические границы нормы. Уровень мочевой кислоты (конечного продукта распада белка) ниже пределов нормы, что свидетельствует о недостатке протеина в рационе и отсутствии мочекишечного диатеза. Концентрация общих липидов в норме, как и холестерина, одного из продуктов липидного обмена. В сыворотке крови всех кур концентрация глюкозы на 40-50 % выше нормы, что может указывать на стрессовое состояние птиц. Концентрация кальция, неорганического фосфора и величина соотношения Са/Р в пределах нормы, что свидетельствует о нормальном кальций-фосфорном обмене. Величина активности фермента ЩФ (щелочная фосфатаза), выраженная в ед. Боданского и характеризующая содержание витамина Д₃ в сыворотке крови, не имеет большого разброса и близка к физиологической норме, что указывает на отсутствие дефицита витамина Д₃ в организме птиц. В сыворотке крови всех кур уровень активности АсАТ значительно выше физиологических границ нормы: в 8,4 раза у кур 210-дневного возраста, в 11,6 раз у кур 260-дневного возраста, в 7,06 раз у кур 390-дневного возраста. При этом активность АлАТ в пределах нормы. Данные изменения указывают на то, что функциональная активность печени кур находится в оптимальном состоянии, но у кур активизирована физическая активность (вероятно, связанная с гиперактивностью петухов).

Концентрация в сыворотке кур каротина, витамина А, Е и С в пределах или выше физиологических границ нормы. Сумма метаболитов оксида азота наивысшая в сыворотке крови кур старшего возраста (стрессовое состояние). В печени кур наблюдается значительный дефицит витаминов А и В₂.

В целях изучения причин нарушения обменных процессов у кур-несушек проведено исследование скормливаемого комбикорма (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Результаты исследования комбикорма (крупка)

Наименование показателя	Нормативное значение по ГОСТ 18221 и ГОСТ Р 54379 для кур-несушек в возрасте		Полученное значение
	21-47 недель	48 недель и старше	
Массовая доля в натуральном комбикорме, %:			
влаги	не более 14,00	не более 14,00	11,42
сырого протеина	16,5-18,0	15,5-17,0	14,57
сырого жира	-	-	3,20
сырой клетчатки	не более 5,50	не более 6,00	4,79
общих сахаров	-	-	4,19
сырой золы	-	-	12,01
фосфора	0,60-0,70	0,60-0,70	0,68
кальция	3,00-3,40	3,00-3,40	3,30
хлористого натрия	-	-	0,37
натрия	0,22-0,32	0,22-0,32	0,15
хлора	-	-	0,22
Содержание в 100 г натурального комбикорма:			
обменной энергии, ккал	не менее 270	не менее 260	269,29
обменной энергии, МДж	не менее 1,130	не менее 1,088	1,131
сухого вещества, г	-	-	88,58
переваримого протеина, г	-	-	11,66
Активная кислотность, рН	-	-	5,78
Общая кислотность, °Н	-	-	7,89

Из таблицы 2 видно, что исследуемый образец комбикорма в сравнении с показателями качества, регламентируемыми ГОСТ 18221 и ГОСТ Р 54379 для кур-несушек в возрасте 21-47 недель, имеет пониженное содержание сырого протеина и пониженное содержание натрия, энергетическая ценность

образца соответствует нижнему допустимому пределу. А в сравнении с показателями качества, регламентируемыми ГОСТ 18221 и ГОСТ Р 54379 для кур-несушек в возрасте 48 недель и старше, имеет пониженное содержание сырого протеина и незначительно пониженное содержание натрия.

Согласно методическим рекомендациям по обеспечению расчётов рецептов комбикормовой продукции с целью увеличения потребности в продукции растениеводства, используемой на корм животным, желательно чтобы полнорационные комбикорма, используемые для кормления кур яичных кроссов в возрасте 20-45 недель, имели показатели питательной ценности в следующих пределах (в отличие от требований ГОСТ 18221): массовая доля сырой клетчатки – не более 5,00 %, массовая доля сырого жира – 3,60 %, массовая доля кальция – 3,60 %, массовая доля натрия – 0,20 %, массовая доля хлора – 0,20 %, а полнорационные комбикорма, используемые для кормления кур яичных кроссов в возрасте 46 недель и старше, имели показатели питательной ценности в следующих пределах: массовая доля жира – 2,50 %, массовая доля сырого кальция – 3,80 %, массовая доля натрия – 0,20 %, массовая доля хлора – 0,20 %.

Исходя из вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Низкий уровень мочевой кислоты (конечного продукта распада белка) у кур свидетельствует о снижении белкового обмена и, возможно, недостатке протеина в рационе.

2. Снижение уровня витамина А и В₂ в печени, вероятно, является результатом недостаточного содержания в кормах и повышенного расхода при яйцекладке.

3. Исследуемый образец комбикорма имеет кислую среду и повышенное значение общей кислотности, что может свидетельствовать о присутствии в комбикорме продуктов гидролиза основных компонентов (общая кислотность комбикормов для птицы не должна превышать 4,00 °Н, если в комбикорм не добавлялись в качестве подкислителей органические кислоты).

4. Для улучшения обменных процессов у кур-несушек необходимо при составлении рационов учитывать результаты исследования скормливаемых комбикормов и результаты биохимических исследований крови и печени. Для повышения иммунитета у птицы желательно применение иммуномодуляторов. Напряжённость иммунитета к болезни Ньюкасла в обследуемых группах была слабого напряжения, максимальный титр антител (1:64) был у 3,3 %, групповой иммунитет так же был низким: от 50 до 75 %.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бурдов Г.Н., Журина Е.Б., Ежков В.О. Биологические проблемы птицеводства Удмуртии // Матер. Всероссийской научно-производ. конф. по актуальным проблемам ветеринарии и зоотехнии. Казань, 2002. 256-266 с.

2 Горячев Б.И., Журина Е.Б. Патология обмена веществ у кур кросса «Родонит» в условиях промышленного птицеводства // Матер. 19 Всероссийский научно-практ. конф. Иж. ГСХА. Ижевск, 1999. 60 с.

3 Ежкова М.С., Горячев Б.И., Журина Е.Б. Диагностика и профилактика заболеваний кур, обусловленных патологией обмена веществ // Матер. Международной научной конф., посвящённой 70-летию образования ЗИФ в КГАВМ – «Незаразные болезни животных». Казань, 2000. 86-87 с.

4 Hadden J. W., Kishimoto T. Introduction to immunopharmacology // Immunol. Today. 1993. V. 14. № 6. P. 242.

REFERENCES

1 Burdov G.N., Zhurina E.B., Ezhkov V.O. Biological problems of poultry Udmurtia. Mater. Vserossiiskoi nauchno-proizvod. konf. po aktual'nym problemam [The material of the All-Russian scientific-practical conference on actual problems of veterinary medicine and zootechnics]. Kazan, 2002. pp. 256-266. (In Russ.).

2 Goryachev B.I., Zhurina E.B. Pathology of metabolism in chickens cross "Rhodonite" in industrial poultry. Mater. Vserossiiskoi nauchno-prakt. konf. Izh. GSKhA. [The material XIX of the All-Russian scientific-practical conference]. Izhevsk, 1999. pp. 60. (In Russ.).

3 Ezhko M.S., Goryachev B.I., Zhurina E.B. Diagnosis and prevention of diseases in chickens, caused by disorders of metabolism. Mater. Mezhdunar. nauch. konf., posvyashchennoi 70-letiyu obrazovaniya ZIF v KGAVM [The material of the International scientific conference "Non-communicable diseases in animals"]. Kazan, 2000. pp. 86-87. (In Russ.).

4 Hadden J. W., Kishimoto T. Introduction to immunopharmacology. Immunol. Today, 1993, V. 14, no. 6, pp. 242.

УДК 547.772

К. х. н. А.Н. Бландов, магистрант Н.М. Муста Оглы
(Университет ИТМО) кафедра химии и молекулярной биологии. тел. (812) 575-69-08
E-mail: blandov.2015@yandex.ru

Ph.D. A.N. Blandov, master student N.M. Musta Ogly
(St. Petersburg, Russia, ITMO University) Department of chemistry and molecular biology.
phone (812) 575-69-08
E-mail: blandov.2015@yandex.ru

Исследование кинетики аланинаминотрансферазной активности в картофеле

Research of kinetics alaninaminotransferase activities in potatoes

Реферат. Аминотрансферазы (трансаминазы) катализируют межмолекулярный перенос аминокислот на кетокислоты, причем коферментом в этой реакции служит пиридоксальфосфат, который выполняет роль промежуточного акцептора аминокислот. Например, аланинаминотрансфераза (АлАТ) катализирует реакцию переаминирования между аланином и α -кетоглутаровой кислотой. Определены кинетические параметры аланинаминотрансферазы картофеля методом Лайнуивера-Берка: $K_m = 0,298$ ммоль/л, $V_{max} = 0,0151$ мкмоль/мин. При больших концентрациях субстрата было обнаружено снижение скорости ферментативной реакции. Поскольку степень конверсии субстрата в продукт в условиях опыта не превышает 1 %, это говорит о явлении субстратного ингибирования. Используя предположение об образовании неактивного двухсубстратного комплекса, проанализирована соответствующая кинетическая схема для бесконкурентного ингибирования, где роль ингибитора играет субстрат. Выведено уравнение Михаэлиса-Ментен и Лайнуивера-Берка для этого случая и, путем дифференцирования, определено положение точки экстремума на графике Лайнуивера-Берка: $K_i = [S]^2_{min}/K_m$. Это позволило рассчитать константу ингибирования субстратом, которая составила $K_i = 0,428$ ммоль/л.

Summary. Aminotransferases (transaminases) catalyze intermolecular transfer of an amino group from amino acids on ketoacids, and as a coenzyme pyridoxal phosphate which carries out a role of an intermediate acceptor of an amino group serves in this reaction. For example, an alaninaminotransferase (AlAT) catalyzes reaction of transamination between alanine and α -ketoglutaric acid. Kinetic parameters of an alaninaminotransferase of potatoes are determined by Lineweaver-Burk plot: $K_m = 0.298$ mmol/l, $V_{max} = 0.0151$ μ mol/min. The reduction of enzyme reaction rate under high concentration of a substrate was revealed. As extent of conversion of a substrate in a product doesn't exceed in our conditions 1%, it speaks about the phenomenon of inhibition by substrate. Using the assumption of formation of an inactive bisubstrate complex, we analysed the corresponding kinetic scheme for uncompetitive inhibition where the role of inhibitor plays a substratum, removed the equation Michaelis-Menten and Lineweaver-Burk for this case and by differentiation defined the provision of a point of an extremum on Lineweaver-Burk plot: $K_i = [S]^2_{min} / K_m$. It allowed to calculate an inhibition constant a substratum which is $K_i = 0.428$ mmol/l.

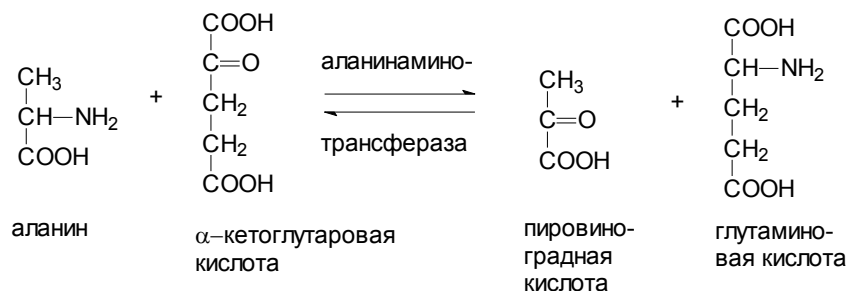
Ключевые слова: аланинаминотрансфераза (АлАТ), субстратное ингибирование, константа Михаэлиса, максимальная скорость реакции, константа ингибирования.

Keywords: alaninaminotransferase (AlAT), inhibition by substrate, Michaelis constant, maximum rate of reaction, inhibition constant.

Аминотрансферазы являются одними из ключевых ферментов обмена аминокислот и кетокислот. Они представлены как в тканях человека и животных, так и растений и микроорганизмов. По международной классификации их относят к классу трансфераз, подкласс переносящие азотистые группы, подподкласс аминотрансферазы. Наиболее известными их представителями являются аланин- и аспартаминотрансфераза (КФ 2.6.1.2 и 2.6.1.1), катализирующие следующие реакции трансаминирования (рисунок 1) [1, 2].

При этом в клетках происходит синтез необходимых аминокислот из кетокислот, являющихся метаболитами гликолиза и цикла Кребса, либо наоборот превращение аминокислот в кетокислоты с последующим их использованием на энергетические нужды. Учитывая обратимость этих реакций, равновесия могут смещаться в ту или другую сторону в зависимости от потребностей клеток.

а



б

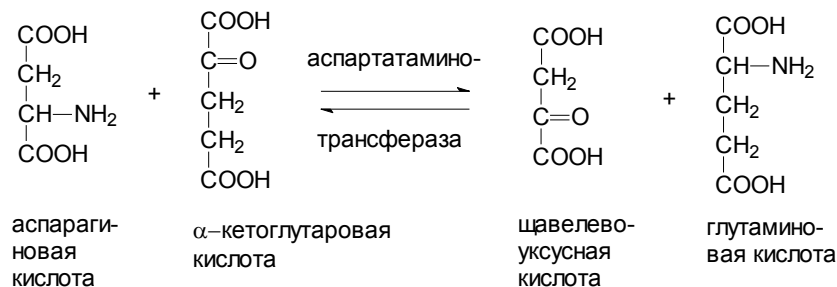


Рисунок 1. Реакции трансаминирования: а – аланинаминотрансфераза; б – аспартатаминотрансфераза

Эти ферменты (сокращенно АЛТ, АСТ) широко используются в медицинской диагностике заболеваний, связанных с цитолизом – гепатиты, инфаркты, т. к. они являются в основном внутриклеточными ферментами и их уровень в крови резко повышается при массивном цитолизе (разрушении клеток). В связи с этим их называют индикаторными ферментами [3-7].

В растениях эти ферменты выполняют аналогичные биохимические функции, однако гораздо меньше изучались, чем в организме человека и животных. Так, в работе [8] была изучена динамика активности АЛТ и АСТ при прорастании семян сои и было показано, что активность АЛТ в семядолях значительно повышается на третьи сутки прорастивания, а через пять суток резко снижается (в три раза по сравнению с первыми сутками). Это связано, по-видимому, с тем, что семядоли значительно атрофируются к этому моменту. Однако активность АЛТ в проростках повышается в три раза на пятые сутки роста. Это может быть связано, по мнению авторов, с участием пирувата в синтезе глюкозы по реакциям глюконеогенеза [8-12]. Активность АСТ в семядолях также значительно повышается на третьи сутки, а на пятые сутки возвращается к исходным значениям. В проростках она также значительно повышается на 3-5 сутки. Авторы объясняют это необходимостью синтеза α-кетоглутарата, который занимает централь-

ное место в синтезе аминокислот и затем белков, в том числе ферментов [8-12].

Однако в литературе не изучался более широкий ряд растительных объектов, а также кинетические параметры рассматриваемых ферментов. Поэтому целью настоящего исследования стало изучение активности и кинетических параметров АЛТ в растительном сырье. В качестве объекта исследования нами был выбран картофель.

Между тем, ранее было показано, что активность АЛТ может служить показателем свежести рыбного сырья [13-15]. Поэтому, изучение активности АЛТ в растительном сырье может представлять интерес при анализе пищевого сырья и контроле качества готовых продуктов, о возможном влиянии химических добавок, в частности, консервантов и образующихся из них вторичных метаболитов на ферментативную активность пищевых систем, что делает энзиматические исследования актуальными и приложимыми для решения практических задач пищевой промышленности.

По количеству образовавшейся пировиноградной кислоты можно судить об активности фермента. Пировиноградную кислоту определяют колориметрически по цветной реакции с 2,4-динитрофенилгидразином, приводящей к образованию окрашенного 2,4-динитрофенилгидразона (рисунок 2).

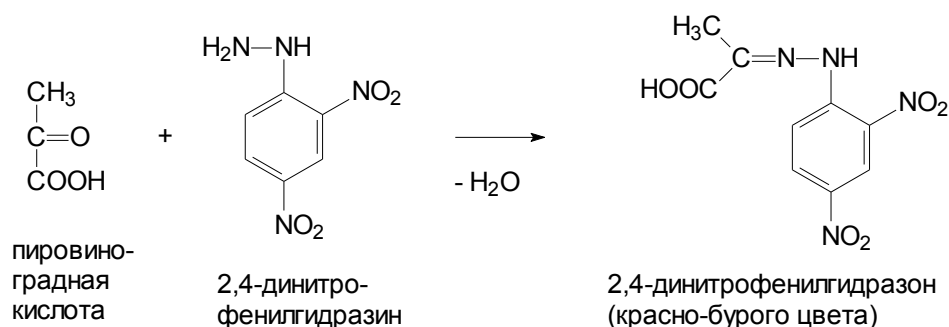


Рисунок 2. Цветная реакция пировиноградной кислоты с 2,4-динитрофенилгидразином

Субстратная смесь, приготовленная следующим образом: в 100 мл фосфатного буфера с pH 7,4 растворяют 1,78 г DL-аланина (или 0,89 г α -аланина) и 29,2 мг α -кетоглутаровой кислоты (смесь хранится в замороженном виде); 0,02 %-й раствор 2,4-динитрофенилгидразина в 1н HCl; 0,4н раствор NaOH. Фотоэлектрический колориметр ФЭК-Н-57 с зеленым светофильтром с $\lambda = 540$ нм и кюветами с рабочим расстоянием 10 мм; термостат на 38 °С; картофель.

Определение активности аланинаминотрансферазы

Навеска картофеля 2 г растиралась в ступке с 10 мл воды и полученный гомогенат фильтровался через бумажный фильтр. Затем к 0,2 мл фильтрата гомогената добавляли 0,5 мл субстратной смеси, выдерживали при температуре 38 °С в течение 30 мин, после чего добавля-

ли 0,5 мл раствора ДНФГ и через 15 мин 5 мл 0,4н NaOH. Определяли оптическую плотность раствора относительно холостой пробы, полученной при использовании вместо фильтрата гомогената 0,2 мл дистиллированной воды.

Формулы для расчетов

$$C = \frac{D}{\varepsilon \cdot l}, \text{ мкмоль; } \quad (1)$$

$$V = \frac{C}{t}, \text{ мкмоль/мин, } \quad (2)$$

где $\varepsilon = 0,45$; $l = 1$ см; $t = 30$ мин.

Коэффициент экстинкции ε определяется по ряду стандартных растворов, содержащих ДНФГ пировиноградной и α -кетоглутаровой кислоты. Результаты эксперимента приведены в таблице 1 и показаны на рисунке 3.

Т а б л и ц а 1

Численные результаты опытов

№ разведе- ния	[S], ммоль/л	1/[S], л/ммоль	D_1	D_2	$D_{\text{средн}}$	$V_{\text{средн}}$, мкмоль/мин	1/V, мин/мкмоль
1	1,429	0,7	0,165	0,150	0,1575	0,01167	85,71
2	0,714	1,4	0,140	0,150	0,145	0,01074	93,10
3	0,476	2,1	0,120	0,130	0,125	0,00926	108,00
4	0,357	2,8	0,125	0,100	0,1125	0,00833	120,00
5	0,286	3,5	0,120	0,085	0,1025	0,00759	131,71
6	0,238	4,2	0,085	0,100	0,0925	0,00685	145,95
7	0,204	4,9	0,080	0,090	0,085	0,00630	158,82
8	0,179	5,6	0,080	0,075	0,0775	0,00574	174,19

Определены кинетические параметры аланинаминотрансферазы картофеля методом Лайнуивера-Берка: $K_m = 0,298$ ммоль/л, $V_{\text{max}} = 0,0151$ мкмоль/мин.

Из графика (рисунок 3) видно, что в области больших концентраций наблюдается небольшое отклонение графика вверх. Это может говорить о наличии субстратного ингибирования.

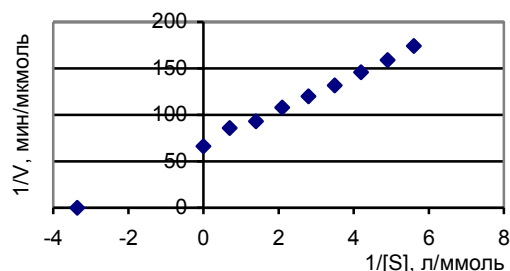
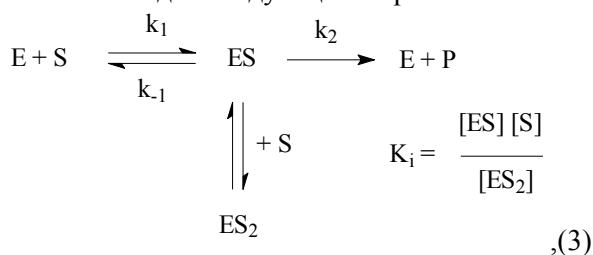


Рисунок 3. Определение активности аланинаминотрансферазы

Субстратное ингибирование (ингибирование избытком субстрата) можно рассматривать в качестве частного случая бесконкурентного ингибирования. Помимо изменения свойств среды при больших $[S]$ причиной такого явления может быть образование неактивного комплекса с двумя молекулами субстрата ES_2 и тогда субстрат фактически играет роль бесконкурентного ингибитора, а кинетическая схема выглядит следующим образом:



здесь K_i – константа ингибирования субстратом, т.е. константа диссоциации двойного фермент-субстратного комплекса. Проведем для этого случая вывод уравнения Михаэлиса-Ментен:

$$\begin{aligned}
 V &= k_2 [ES]; \quad V_{\max} = k_2 [E]_0; \\
 k_1 [E][S] &= k_{-1} [ES] + k_2 [ES]; \\
 \frac{[E][S]}{[ES]} &= \frac{k_{-1} + k_2}{k_1} = K_m.
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

Запишем уравнение материального баланса по ферменту, в котором в данном случае будет три слагаемых:

$$[E]_0 = [E] + [ES] + [ES_2] = [E] + [ES] \left(1 + \frac{[S]}{K_{i2}} \right).$$

Выразим отсюда $[E]$ и подставим в выражение константы Михаэлиса:

$$\begin{aligned}
 \frac{\left([E]_0 - [ES] \frac{K_i + [S]}{K_i} \right) [S]}{[ES]} &= K_m; \\
 [S] \frac{[E]_0}{[ES]} &= K_m + [S] \frac{K_i + [S]}{K_i}.
 \end{aligned}
 \quad (5)$$

Теперь выразим отсюда $[ES]$ и преобразуем выражение в форму, похожую на уравнение Михаэлиса-Ментен:

$$[ES] = [E]_0 \frac{[S]}{K_m + [S] \left(1 + \frac{[S]}{K_i} \right)};$$

$$V = V_{\max} \frac{[S]}{K_m + [S] + \frac{[S]^2}{K_i}}. \quad (6)$$

Тогда уравнение Лайнуивера-Берка будет иметь следующий вид:

$$\frac{1}{V} = \frac{1}{V_{\max}} \left(1 + \frac{K_m}{[S]} + \frac{[S]}{K_i} \right). \quad (7)$$

При этом на графике Лайнуивера-Берка в области больших концентраций субстрата наблюдается отклонение от линейности, и на графике, как в нашем случае, будет наблюдаться минимум (см. рисунок 3).

Для того чтобы найти $[S]$, соответствующую минимуму, продифференцируем обратную скорость (обозначим ее y) по обратной концентрации (обозначим ее x). В точке экстремума производная обращается в ноль. Исходя из этого, находим $[S_{\min}]$:

$$\begin{aligned}
 \frac{1}{V} &= y; \quad \frac{1}{[S]} = x; \\
 y &= \frac{1}{V_{\max}} \left(1 + K_m x + \frac{1}{x K_i} \right); \quad (8)
 \end{aligned}$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{1}{V_{\max}} \left(K_m + \frac{1}{x^2 K_i} \right) = \frac{1}{V_{\max}} \left(K_m - \frac{[S]^2}{K_i} \right) = 0;$$

$$[S_{\min}] = \sqrt{K_m K_i};$$

$$K_i = \frac{[S_{\min}]^2}{K_m}.$$

Непосредственно по графику рассчитать K_i невозможно, т.к. на первом участке кривой зависимость не является линейной. Однако в точке минимума на графике Лайнуивера-Берка производная $d(1/V)/d(1/[S])$ обращается в ноль. Отсюда следует, что $K_i = [S_{\min}]^2/K_m$. Это дает возможность рассчитать константу ингибирования исходя из точки экстремума на графике.

Кинетические параметры реакции определяются экстраполяцией линейного участка графика в области малых концентраций до пересечения с осями, как и в обычном случае.

Для проверки предположения об ингибировании субстратом мы провели опыт, взяв меньшее количество фермента (1,5 г картофеля в том же объеме воды) и увидели явное отклонение вверх при больших концентрациях субстрата, что подтверждает предположение о субстратном ингибировании. Результаты эксперимента представлены в таблице 2 и показаны на рисунке 4.

Численные результаты опытов

№ разведения	[S], ммоль/л	1/[S], л/ммоль	D_1	D_2	$D_{\text{средн}}$	$V_{\text{средн}}$, мкмоль/мин	1/ V , мин/мкмоль
1	1,429	0,7	0,165	0,150	0,1575	0,01167	85,71
2	0,714	1,4	0,140	0,150	0,145	0,01074	93,10
3	0,476	2,1	0,120	0,130	0,125	0,00926	108,00
4	0,357	2,8	0,125	0,100	0,1125	0,00833	120,00
5	0,286	3,5	0,120	0,085	0,1025	0,00759	131,71
6	0,238	4,2	0,085	0,100	0,0925	0,00685	145,95
7	0,204	4,9	0,080	0,090	0,085	0,00630	158,82
8	0,179	5,6	0,080	0,075	0,0775	0,00574	174,19

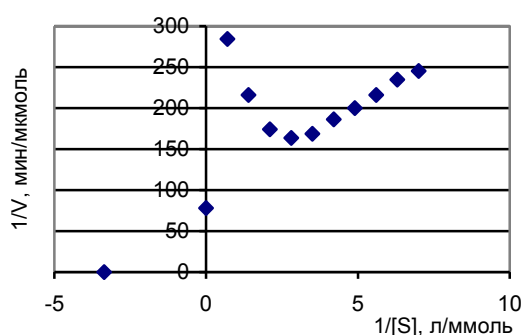


Рисунок 4. Определение активности аланинаминотрансферазы

Из графика, показанного на рисунке 4, видно, что минимум на графике Лайнуивера-Берка соответствует четвертому разведению, т.е. $[S]_{\min} = 0,357$ ммоль/л. Это позволяет вычислить

константу ингибирования субстратом по формуле $K_i = [S]_{\min}^2 / K_M = 0,428$ ммоль/л. Константа Михаэлиса здесь определяется экстраполяцией линейной части графика в области малых концентраций субстрата до пересечения с осями и она численно совпадает с определенной в первом опыте. Однако $V_{\max} = 0,0128$ мкмоль/мин, что меньше, чем в первом опыте, т.к. использовалась меньшая масса картофеля и соответственно меньшее количество фермента.

Аналогичная ситуация наблюдалась в работе [16] для АЛТ чеснока, для которой были найдены $K_M = 0,0206$ ммоль/л и $K_i = 0,0777$ ммоль/л. Отсюда видно, что сродство к субстрату для АЛТ чеснока гораздо больше, чем для картофеля.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Комов В.П., Шведова В.Н. Биохимия. 3-е изд. М.: Дрофа, 2008. 638 с.
- 2 Смирнов В.А., Климошкин Ю.Н. Ферменты. Классификация и номенклатура. Самара, 2008. 42 с.
- 3 Николаев А.Я. Биологическая химия. 3-е изд. М.: Медицинское информационное агентство. 2004. 566 с.
- 4 Северин Е.С. Биохимия: учебник. 4-е изд. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2006. 784 с.
- 5 Северин Е.С., Николаев А.Я. Биохимия. Краткий курс с упражнениями и задачами. М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. 448 с.
- 6 Щербак И.Г. Биологическая химия. СПб.: Издательство СПбГМУ, 2005. 480 с.
- 7 Березов Т.Т., Коровкин Б. Ф. Биологическая химия: учебник. 3-е изд. М.: Медицина, 1998, 704 с.
- 8 Бездудная О.Ф., Калиман П.А. Изменение содержания белка и трансаминирования аминокислот при прорастании семян сои (GLICINE MAX L.) // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія. 2006. Вып. 4. № 748. С. 17-20.
- 9 Плакунов В.К. Основы энзимологии. М.: Логос, 2002. 128 с.
- 10 Lancien M., Hodges M. Enzyme redundancy and the importance of 2-oxoglutarate in higher plant ammonia assimilation // Plant Physiol. 2000. V. 123. P. 817-824.
- 11 Жмурко В.В., Джамаев В.Ю. Дегидрогеназная активность и содержание растворимого белка в корнях проростков сои (Glicine max L.) при оптимальной и пониженной температурах // Физиология и биохимия культурных растений. 1999. Т. 31. № 4. С. 308-313.

12 Жмурко В.В., Джамеев В.Ю. Ріст, розвиток та фізіолого-біохімічні процеси у теплолюбивих культур при адаптації до пониженої температури // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. 2001. Т. 2. С. 182-189.

13 Шлейкин А.Г., Данилов Н.П., Шарапова Т.А. Технологические и медико-биологические аспекты действия транслутаминазы // Известия СПбГУИПТ. 2009. № 3/4. С. 47-49.

14 Shleikin A.G., Danilov N.P. Evolutionary-biological peculiarities of transglutaminase. Structure, physiological functions, application // Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology. 2010. V. 47. № 1. P. 1-14.

15 Shleikin A.G., Danilov N.P., Ternovskoy G.V. Modification of food products properties by use of transglutaminase. Original Research // Procedia Food Science. 2011. V. 1. P. 1568-1572.

16 Маджидов Ш.Б. Изучение аминоксферазной активности растительного сырья. СПб.: Университет ИТМО. 2014. 76 с.

REFERENCES

1 Komov V.P., Shvedova V.N. Biokhimiya [Biochemistry]. Moscow, Drofa, 2008. 638 p. (In Russ).

2 Smirnov V.A., Klimochkin Yu.N. Fermenty. Klassifikatsiya i nomenclature [Enzymes. Classification and nomenclature]. Samara, 2008. 42 p. (In Russ).

3 Nikolaev A.Ya. Biologicheskaya khimiya [Biological chemistry]. Moscow, Meditsinskoe informatsionnoe agentstvo, 2004. 566 p. (In Russ)

4 Severin E.S. Biokhimiya [Biochemistry]. Moscow, M.: GEOTAR-Media, 2006. 784 p. (In Russ)

5 Severin E.S., Nikolaev A.Ya. Biokhimiya [Biochemistry. A short course with exercises and tasks]. Moscow, GEOTAR-MED, 2001. 448 p. (In Russ)

6 Shcherbak I.G. Biologicheskaya khimiya [Biological chemistry]. Saint-Petersburg, 2005. 480 p. (In Russ)

7 Berezov T.T., Korovkin B. F. Biologicheskaya khimiya [Biological chemistry]. Moscow, Meditsina, 1998, 704 p. (In Russ)

8 Bezudnaya O.F., Kaliman P.A. Change protein content and transaminations of amino acids at germination of seeds of soy. (GLICINE MAX L.). *Visnik Kharkivs'kogo natsional'nogo universitetu imeni V.N.Karazina. Seriya: biologiya*, [Bulletin of Kharkov national University named after V. N. Karazin. Series: biology], 2006, vol. 4, no. 748, pp. 17-20. (In Ukr.)

9. Plakunov V.K. Osnovy enzimologii [Enzymology bases]. Moscow, Logos, 2002. 128 p. (In Russ)

10 Lancien M., Hodges M. Enzyme redundancy and the importance of 2-oxoglutarate in higher plant ammonia assimilation. *Plant Physiol*, 2000, vol. 123, pp. 817-824.

11 Zhmurko V.V., Dzhamayev V.Yu. Dehydrogenase activity and the content of soluble protein in roots of sprouts of soy (Glicine max L.) at the optimum and lowered temperatures. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnykh rastenii*. [Physiology and biochemistry of cultivated plants], 1999, vol. 31, no 4, pp. 308-313. (In Russ)

12 Zhmurko V.V., Dzhamayev V.Yu. Growth, curl and fiziologo-biochemical processes in thermophilic cultures at adaptation to the lowered temperature. *Fiziologiya roslin v Ukraini na mezhi tisyacholit'*. [Plant physiology in Ukraine at the turn of the Millennium], 2001, vol. 2, pp. 182-189. (In Ukr.)

13 Shleikin A.G., Danilov N.P., Sharapova T.A. Technological and medicobiological aspects of action of a transglutaminaza. *Izvestiya SPbGUNIPT*. [Proceedings of SPbSULFT], 2009, no. 3/4, pp. 47-49. (In Russ)

14 Shleikin A.G., Danilov N.P. Evolutionary-biological peculiarities of transglutaminase. Structure, physiological functions, application. *Journal of Evolutionary Biochemistry and Physiology*, 2010, vol. 47, no. 1, pp. 1-14.

15 Shleikin A.G., Danilov N.P., Ternovskoy G.V. Modification of food products properties by use of transglutaminase. Original Research. *Procedia Food Science*, 2011, vol. 1, pp. 1568-1572.

16.Madzhidov Sh.B. Izuchenie aminotransferaznoi aktivnosti rastitel'nogo syr'ya [Studying of aminotransferase activity of vegetable raw materials]. Saint-Petersburg, Universitet ITMO, 2014. 76 p. (In Russ).

УДК 543:54.084.547-3

Заведующая кафедрой Т.А. Кучменко, студентка С.Е. Чернышова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.
тел. (473) 255-07-32
E-mail: tak1907@mail.ru

Head of department T.A. Kuchmenko, student S.E. Chernyshova
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of physical and analytical chemistry.
phone (473) 255-07-32
E-mail: tak1907@mail.ru

Идентификация моноэтаноламина в воздухе с применением двух сенсоров на основе микрофазы фторида калия

The identification of monoethanolamine in the atmosphere using two sensors on the base of potassium fluoride microphase

Реферат. Изучена возможность применения микрофазы фторида калия в качестве модификатора пьезокварцевого резонатора, селективного к парам основных легколетучих органических соединений в присутствии паров воды. В качестве дополнительного прогрессивного воздействия на систему для увеличения чувствительности микровзвешивания применили подход по формированию слоя модификатора разной толщины (массы). Установлено, что увеличение массы микрофазы фторида калия не одинаково изменяет чувствительность сенсора к парам выбранных аналитов. Амины, в отличие от других изученных веществ, на покрытии из фторида калия адсорбируются поверхностью без проникновения в мезо- и микропоры. В большей степени на чувствительность микровзвешивания влияет полярность аналитов и наличие гидратированных функциональных групп, а также остаточного растворителя в микрофазе. Для детектирования в газовых средах паров алкиламинов и моноэтаноламина предпочтительно применять сенсор с пленкой фторида калия малых масс. Однако для снижения предела детектирования при микровзвешивании смеси паров для кетонов и алкилацетатов рекомендовано покрытие фторида калия большей массы. Построены и разделены на три группы кинетические «визуальные отпечатки» сигналов массива на основе двух сенсоров с микрофазой фторида калия разной массы. Форма геометрических фигур «визуальных отпечатков» сигналов таких сенсоров не зависит от концентрации веществ, находящихся в смеси, меняется только их площадь. В наибольшей степени отличается от других кинетических «визуальный отпечаток» сигналов сенсоров в парах моноэтаноламина. Для всех изученных аналитов предложен и рассчитан новый кинетический идентификационный параметр A_{τ} . Предложен способ высокоселективного определения паров моноэтаноламина массивом из двух сенсоров с покрытием из разных масс в смесях газов и паров, а также широкого круга проб, в состав которых он входит.

Summary. The possibility of potassium fluoride microphase application as a modifier of a piezoelectric quartz crystal resonator, which is selective to vapour of based volatile organic compounds in the presence of water vapour, is studied. As an additional progressive impact on the system to increase the sensitivity of the microbalance, it is suggested to form the modifier layers of different thickness (mass). It is founded out that the increase in mass of potassium fluoride microphase changes the sensitivity of the sensor to selected analytes vapour differently. Unlike other substances investigated, amines are adsorbed by the surface of potassium fluoride coating without penetrating into the meso- and micropores. The polarity of analytes, the presence of hydrated functional groups and the residual solvent in the microphase affect the sensitivity of the microbalance in a greater degree. For detecting the vapour of alkylamines and monoethanolamine in gas environment it is preferable to use the sensor with a low-mass potassium fluoride film. In order to reduce the detection limit of the microbalance of mixed vapour of ketones and alkylacetates, a high-mass potassium fluoride film is recommended. Kinetic "visual prints" of a set of two sensors responses with different-mass potassium fluoride microphases have been built and divided into three groups. It is established that geometric form of "visual prints" of sensor responses does not depend on the concentration of substances in the mixture, but their area does. Kinetic "visual print" of sensor responses in monoethanol-amine vapour differs greatly from others. A new kinetic identification parameter A is proposed and calculated for all investigated analytes. A method of high-selective detection of monoethanolamine vapour has been proposed by a set of two sensors with different-mass coating in gas mixtures as well as in various samples containing it.

Ключевые слова: пьезокварцевое микровзвешивание, идентификация, моноэтаноламин, двухсенсорный детектор, фторид калия.

Keywords: piezoelectric quartz crystal microbalance, identification, monoethanolamine, dual-sensor detector, potassium fluoride.

Химическая сенсорика представляет собой самостоятельную, вполне сложившуюся и интенсивно развивающуюся область современной аналитической химии. В настоящее время с помощью различных видов химических сенсоров возможно решение многих аналитических задач, что обуславливает их актуальность и практическую значимость. Химический сенсор может обеспечить решение аналитических проблем без дорогого многофункционального аналитического оборудования. Использование сенсоров позволяет быстрее получить информацию, чем классические химические, биохимические или микробиологические исследования. Поэтому неудивительно, что химические сенсоры нашли широкое применение в различных областях, таких, как контроль качества окружающей среды, клинические исследования, оценка качества пищевых систем и т.д.. Их используют для обнаружения целого ряда критически важных для безопасности людей газов, а также для измерения химических параметров, для контроля и управления производственными процессами [1]. Современные химические сенсоры позволяют определять довольно низкие концентрации веществ в многокомпонентных системах без сложной пробоподготовки.

Особое место среди химических сенсоров занимают пьезокварцевые резонаторы, благодаря простоте аппаратуры, экспрессности срабатывания и высокой чувствительности и управляемой селективности. Пьезосенсоры широко применяются как в качестве единичных измерительных систем, так и в составе интеллектуальных систем – «электронный нос». На сегодняшний день «электронный нос» используется во многих сферах человеческой жизни. В пищевой промышленности он используется для определения свежести рыбы, качества кофе, сортов вин, свежести яиц и т.д. Особенно эффективно и необходимо использование «электронного носа» в экологии. Наибольший интерес и значение имеют разработки по «электронному носу», используемые для определения взрывчатых веществ и наркотиков, определения биометрических меток человеческого запаха [2].

Селективность и чувствительность сенсоров регулируется путем подбора модификаторов электродов пьезокварцевых резонаторов объемных акустических волн – тонких пленок или микрофаз массой не более 30 мкг. В настоящее время широкое применение в качестве наносимых на электроды пьезокварцевых резонаторов химических модификаторов получили

полимеры. Это обусловлено такими их свойствами, как стабильность и простота получения. Также в качестве сорбционных покрытий используются наноструктурные модификаторы, которые обычно обеспечивают высокую эффективность сорбции. Однако ни те, ни другие покрытия не предполагают избирательности и подвержены мешающему влиянию воды.

Неорганические соли практически не используются в качестве модификаторов из-за сложности нанесения и стряхивания при колебаниях электродов с поверхности сенсора. Но они, возможно, помогут решить проблему гидрофобности с сохранением селективности к легколетучим парам органических соединений.

Цель работы: оценить возможность применения микрофазы фторида калия (KF) в качестве модификатора пьезокварцевого резонатора (ПКР), селективного к парам основных легколетучих органических соединений, для уменьшения мешающего влияния паров воды.

В качестве объектов исследования выбраны пары воды, ацетона, этилацетата (ЭтАц), бутанола-2 (Бут2), диэтиламина (ДЭА), моноэтаноламина (МЭА), аммиака, уксусной кислоты (УК) (насыщенные пары при 20 ± 1 °C над препаратами классификации «х.ч.» или их стандартными растворами).

В работе применяли пьезокварцевые резонаторы (ПКР) АТ-среза с базовой частотой колебания 10,0 МГц (ОАО «Пьезо», Россия). В результате взаимодействия легколетучих компонентов с пленками (фазами) сорбентов изменяется частота колебаний сенсоров (ПКР с пленкой сорбента). Выходной сигнал (частота колебаний кварцевых пластин) единичных и массива сенсоров регистрировали, обрабатывали электронно-вычислительным комплексом, включающим микропроцессоры, компьютер и программу обработки данных.

В качестве модификатора электродов ПКР применяли раствор фторида калия в ацетоне, нанесенный способом “drop casting”. Раствор сорбента равномерно распределяли микрошприцем по поверхности металлических электродов, не затрагивая периферийные участки пьезокварца. Для удаления свободного растворителя сенсор помещали в сушильный шкаф (температура 70 – 90 °C). Время термической обработки составляло 20–30 мин. Полноту удаления растворителя подтверждали постоянством частоты колебания сенсора. После удаления растворителя масса пленки составила: $1,2 \pm 0,1$ мкг для первого набора сенсоров и $4,4 \pm 0,1$ мкг для второго. Массу пле-

ночного покрытия $m_{пл}$ рассчитывали по уравнению [Зауэбрей]:

$$m_{пл} = \frac{\Delta F_c \cdot S}{2,26 \cdot (F^0)^{1/2}}, \quad (1)$$

где ΔF_c – относительный сдвиг частоты колебания резонатора при нанесении модификатора, МГц; S – площадь электродов; F^0 – базовая частота колебания ПКР, МГц;

Для анализа равновесных паров над жидкими веществами отбирали газовым шприцем 1 см^3 равновесной газовой фазы. В ячейку детектирования измерительной системы быстро инжескировали пробу. После введения каждой пробы фиксировали резонансную частоту колебания сенсора и вычисляли относительный сдвиг частоты ΔF_c по уравнению:

$$\Delta F_c = F_1 - F_2,$$

где F_1 и F_2 – соответственно частоты колебаний сенсора до внесения пробы и после установления равновесия (минимальное значение), Гц.

Все измерения проводили в идентичных условиях при температуре детектирования $20 \pm 1^\circ \text{C}$, число повторений $n=3$.

Изучена возможность применения микрофазы фторида калия в качестве модификатора ПКР, селективного к парам основных легколетучих органических соединений в присутствии паров воды.

Так как с этим модификатором реализуется механизм адсорбции за счет взаимодействия с поверхностью и проникновения в поры фазы, то в качестве дополнительного прогрессивного воздействия на систему для увеличения чувствительность микровзвешивания применим подход по формированию слоя модификатора разной толщины (массы).

Оценена чувствительность (рисунок 1), сорбционная емкость микровзвешивания двумя сенсорами с микрофазами фторида калия массой 1,2 и 4,4 мкг к парам аналитов. Установлено, что увеличение массы микрофазы фторида калия не одинаково изменяет чувствительность сенсора к парам выбранных веществ. Чувствительность микровзвешивания увеличивается в 2,8 – 3,0 раза практически пропорционально росту массы солевого покрытия для кетонов и этилацетатов. Для воды, спиртов, кислот, аммиака приращение чувствительности составляет в 2,0–2,2 раза, что косвенно отражает частичное взаимодействие объема покрытий с парами этих веществ. Не изменяется чувствительность микровзвешивания при увеличении массы селективного покрытия для алкиламинов. Амины на покрытия

из фторида калия адсорбируется поверхностью без проникновения в мезо- и микропоры.

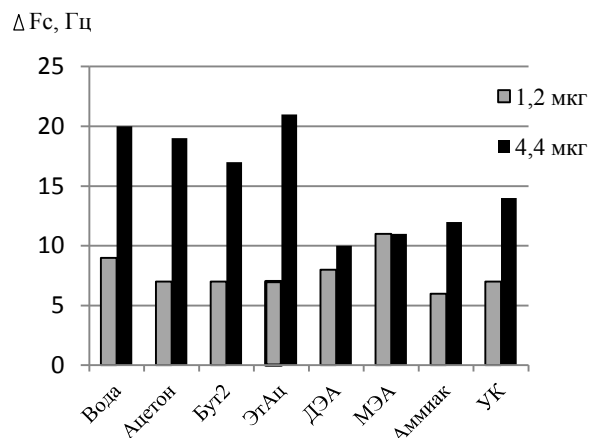


Рисунок 1. Спектры массовой чувствительности сенсоров с KF (массой 1,2 и 4,4 мкг) к парам аналитов

Для всех изученных аналитов удельная чувствительность микровзвешивания больше для сенсора с пленкой малой массы (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Удельная чувствительность (Гц/мкг)
микровзвешивания изученных аналитов

Аналиты	Масса KF, мкг	
	1,2	4,4
Вода	6,4	4,0
Ацетон	4,8	4,2
Бутанол-2	5,0	3,4
Этилацетат	5,3	3,4
Диэтиламин	5,5	1,9
Моноэтанолламин	7,6	2,2
Аммиак	4,4	2,4
Уксусная кислота	4,8	2,8

Это объясняется преимущественно адсорбционным механизмом взаимодействия в системе с изученными парами и частичным гашением звуковой волны при увеличении толщины покрытия. Изменение удельной сорбционной емкости значительно для алкиламинов и моноэтанолламина, для которых предпочтительно применять пленки малых масс. В тоже время для снижения предела обнаружения при микровзвешивании смеси паров кетонов рекомендовано покрытие фторида калия большей массы.

Учитывая особенности строения молекул аналитов, не установлено существенной зависимости аналитического сигнала сенсоров от стерических факторов сорбируемых паров. В большей степени на чувствительность микровзвешивания влияет полярность аналитов и наличие

гидротированных функциональных групп, а также остаточного растворителя в покрытии.

Особенности микровзвешивания сенсорами с покрытиями KF различной массы можно применять для повышения селективности определения паров в смесях, что существенно расширяет аналитические возможности метода. При применении двух сенсоров с покрытиями разных масс и фиксировании откликов через 5, 30, 60 с после инъекции паров, получены интегральные отклики – кинетические «визуальные отпечатки» сигналов двух сенсоров (рисунок 2).

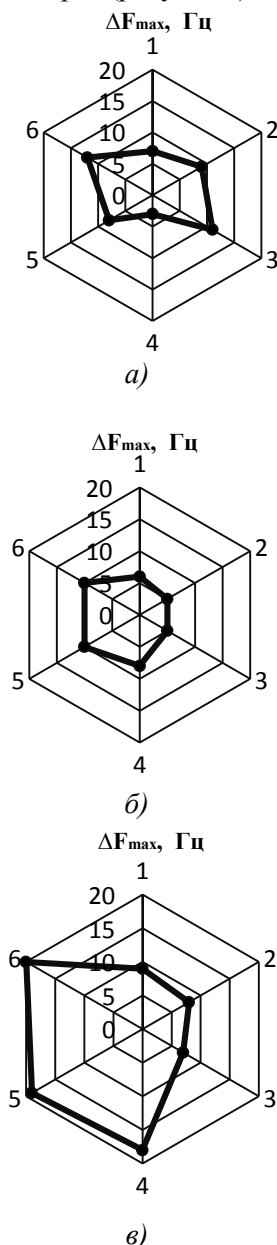


Рисунок 2. «Визуальные отпечатки» сигналов двух сенсоров в парах: МЭА (а); аминов (NH_3 ; ДЭА), уксусной кислоты (б); H_2O , этилацетата, ацетона, бутанола-2 (в): 1, 2, 3 – отклики сенсора с массой пленки 1,2 мкг; 4, 5, 6 – отклики сенсора с массой пленки 4,4 мкг на 5 (1, 4), 30 (2, 5) и 60 (3, 6) с сорбции

Форма геометрических фигур «визуальных отпечатков» не зависит от концентрации веществ находящихся в смеси, меняется только их площадь. Установлено, что форма кинетических «визуальных отпечатков» сигналов двух сенсоров в парах указанных групп веществ а) и б, в) (рисунок 2) существенно различаются.

При этом возможно определение в смеси наличия аммиака, ДЭА и МЭА в присутствии паров воды и других органических соединений. В наибольшей степени отличается от других кинетический «визуальный отпечаток» сигналов сенсоров в парах МЭА. Моноэтаноламин применяется в фармацевтической, лакокрасочной, текстильной промышленности, при производстве пластмассы для стабилизации эмульсий в качестве буферного вещества, при производстве антигистаминных препаратов, входит в состав некоторых средств в косметической и бытовой химии как сырье для получения диспергаторов, эмульгаторов, стабилизаторов пен, ПАВ, моющих и чистящих средств, шампуней. МЭА способен легко проникать под кожу и увеличивает развитие рака, при его попадании на открытые участки кожи, есть риск ожога. Класс опасности в атмосферном воздухе – 2. Разработан способ идентификации паров МЭА в газовой-воздушной смеси, который продемонстрируем на примере анализа средства для холодной химической завивки волос.

Отбирали пробу средства массой 1,00 г, помещали в бюкс с пробкой и выдерживали в течение 20 минут. Для каждого сенсора фиксировали исходную частоту колебания.

После 20 минут насыщения в бюксе отбирали газовым шприцем 5 см³ равновесной газовой фазы над пробой и вкалывали в ячейку детектирования с пьезокварцевыми резонаторами с массой микрофаз KF 1,2 и 4,4 мкг. Фиксировали частоты колебания каждого сенсора через 5, 30 и 60 с после инъекции паров.

Рассчитывали изменение частоты колебания для каждого сенсора во всех временных точках. По полученным данным строили кинетический «визуальный отпечаток» (рисунок 3).

Полученный «визуальный отпечаток» сравнивали с «визуальными отпечатками» сигналов сенсоров для всех изученных веществ.

Установлено с высокой степенью тождественности геометрической формы фигур, что в равновесной газовой фазе над средством для холодной химической завивки присутствует моноэтаноламин.

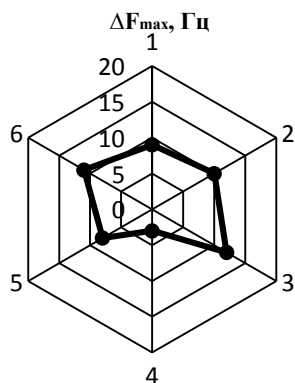


Рисунок 3. Кинетический «визуальный отпечаток» сигналов сенсоров в равновесной газовой фазе над средством для химической завивки

С целью дополнительной идентификации природы компонентов равновесной газовой фазы рассчитывали для стандартных и исследуемых проб предложено рассчитывать кинетические параметры эффективности сорбции A_τ (таблица 2) для аналитов и анализируемых проб по формуле:

$$A_\tau = \frac{\Delta F_4^{30}}{\Delta F_1^{60}} \quad (2)$$

где ΔF_4^{30} – частота колебания для сенсора с массой пленки 4,4 мкг через 30 с после инъекции пробы; ΔF_1^{60} – частота колебания для сенсора с массой пленки 1,2 мкг через 60 с после инъекции пробы.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Баника Ф. Г. Химические и биологические сенсоры: основы и применения. М.: Техносфера, 2014. 27 с.
- 2 ‘Электронный нос’ и использование инновационных технологий при его создании / Алиева Х.С. [и др.] // Наука и инновация. 2010. №1. С. 82-86.
- 3 Кучменко Т.А., Шуба А.А., Бельских Н.В. Пример решения идентификационных задач в методе пьезокварцевого микровзвешивания смесей некоторых органических соединений // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16. № 2. С. 151 – 160.
- 4 Кучменко Т.А., Шуба А.А., Бельских Н.В. Пример решения идентификационных задач в методе пьезокварцевого микровзвешивания смесей некоторых органических соединений // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16, № 2. С. 151-161.
- 5 Зенкевич И.Г., Морозова Т.Е. Особенности ВЭЖХ-МС определения моноэтаноламина в водных растворах методом стандартной добавки // Аналитика и контроль. 2012. Т. 16. № 2. С. 181 – 187.

Т а б л и ц а 2
Кинетические параметры эффективности сорбции изученных веществ и исследуемой пробы

Вещества	$A_\tau \pm 0,2$
Вода	0,4
Ацетон	0,3
Бутанол-2	0,3
Этилацетат	0,3
Диэтаноламин	0,5
Моноэтаноламин	1,4
Аммиак	0,5
Уксусная кислота	0,5
Исследуема проба средства	1,5

Установлено, что и по кинетическому идентификационному параметру A_τ в исследуемом образце присутствуют пары моноэтаноламина.

Показана возможность применения фторида калия для модификации электродов ПКР и разнохарактерное изменение чувствительности микровзвешивания паров аминов и других кислородсодержащих соединений. Определены критерии надежной идентификации аминов в газовых смесях. Разработан способ высокоселективного определения паров МЭА массивом из двух сенсоров с покрытием из разных масс.

Работа выполнена в рамках выполнения задания по НИОКР ГЗ № 4.2186.2014/К от 17.07.2014 г.

REFERENCES

- 1 F.G.Banica. Khimicheskie i biologicheskie sensory: osnovy i primeneniya [Chemical and Biological Sensors: Fundamentals and Application], Moscow, “Technosfera”, 2014, 27 p. (In Russ.).
- 2 K.S. Alieva, S.S. Suleymanov, F.S. Vekhinia, S.U. Alekperova, “Electronic Nose” and the Application of Innovative Technologies at Its Creation. Nauka i inovatsiya [Science and Innovation], 2010, no. 1, pp.82-86. (In Russ.).
- 3 T.A. Kuchmenko, A.A. Shuba, N.V. Bel'skikh. The identification parameters of organic substances in multisensors piezoquartz microbalance. Analitika i kontrol' [Analytics and control]. 2012, vol. 16, no. 2, pp. 151 – 160. (In Russ.).
- 4 Kuchmenko T.A., Shuba A.A., Bel'skikh N.V. The identification parameters of organic substances in multisensors piezoquartz microbalance. Analitika i kontrol' [Analytics and control], 2012, vol. 16, no. 2, pp. 151-161 (In Russ.).
- 5 Zenkevich I.G., Morozova T.E. Features of HPLC-ESI-MS determination of monoethanolamine in aqueous media by standard addition. Analitika i kontrol' [Analytics and control], 2012, vol. 16, no. 2, pp. 181-187 (In Russ.).

Доцент Т.И. Игуменова, аспирант А.М. Шульга

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров.

тел. 8-(4732)49-92-37

E-mail: igymti8@rambler.ru, alex-mare@mail.ru.

Associate professor T.I. Igumenova, graduate A.M. Shul'ga

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing.

phone 8-(4732)49-92-37

E-mail: igymti8@rambler.ru, alex-mare@mail.ru.

Исследование теплообразования при динамическом нагружении резин

Study on heat dynamic loading of rubber

Реферат. Проведен ряд исследований по изучению теплообразования в шинных резинах методом сканирования поверхности образцов с помощью тепловизора. Изучали процесс экзотермической химической реакции механодеструкции резин при нагружении образцов постоянным циклическим растяжением с деформацией рабочей зоны 50 %. Процент деформации рабочей зоны был выбран на основании фактических данных по растяжению-сжатию зоны «сухаря» автошины, которая подвергается максимальному перепаду уровня деформации при обкатке. План эксперимента предусматривал периодическую релаксацию образцов длительностью не менее 72 часов для более точного моделирования процесса эксплуатации конструкционного изделия. Создан и обработан массив данных по изменению температуры в образцах по гистограммам и линии профиля для резиновых смесей с введением наномодификатора (фуллеренсодержащего технического углерода) в сравнении с контрольным образцом без него. Полученные данные отражают характер теплообразования в зависимости от состава резиновой смеси. Выявлены общие закономерности теплового характера физико-химического процесса механодеструкции резин. Для резин с наномодификатором наблюдается расширение температурного интервала реакции от минимального значения до максимального на два градуса, что связано также с ростом средней температуры реакции по гистограмме также на 2-3 градуса при одинаковых условиях деформации и уровня циклического нагружения. Однако понижение температуры в контрольном образце, связанное с началом формирования упрочненной структуры резины, обусловленной эффектом Маллинза-Петрикеева, происходит с запозданием в два раза по сравнению с модифицированным фуллеренами образцом. Измерение физико-механических показателей отобранных по ходу испытаний образцов показало начало формирования структуры с повышением прочности образцов в зоне понижения температуры образцов, что соответствует тепловому эндотермическому эффекту реакции рекомбинации макромолекул.

Summary. A number of studies on heat buildup in tire rubber surface scan method samples using a thermal imaging camera. Investigated the exothermic chemical reaction mechanical destruction rubber when loading designs permanent cyclic stretching with deformation of the working zone 50%. Percentage of deformation of the working zone was chosen on the basis of the actual data on the stretch-compression zone "Rusk" tires, which is the maximum level difference of deformation during run-in. Experiment plan provided for periodic relaxation samples of at least 72 hours for more accurate simulation of operation process of structural products. Created and processed data on temperature changes in samples for bar and line profile for rubber compounds with the introduction of nanomodifiers (fulleren technical carbon) in comparison with the control sample without him. The data obtained reflect the nature of heat depending on the composition of the compound. Identified common patterns of thermal nature of physico-chemical process mechanical destruction rubbers. For rubber with nanomodifikatorom there has been an increase in the temperature interval reaction from a minimum to a maximum 2 degrees that is also linked to the rise in the average temperature of the reaction on the histogram also at 2-3 degrees of deformation under the same conditions and the level of cyclic loading. However, the temperature in the control sample that is associated with the beginning of the formation of hardened rubber structures, economies of Mallinz-Petrikeeve, occurs with delay twice compared with modified Fullerenes. Measurement of physic-mechanical indicators selected in the course of testing of samples showed the beginning of formation of structure with increased strength of samples in the sample temperature zone that corresponds to the thermal effect of endotermičeskomu recombination reactions of macromolecules.

Ключевые слова: температура, тепловые процессы, динамика процесса, деформация резин, прогноз характеристик.

Keywords: temperature, thermal processes, dynamics of the process, deformation of the rubber, forecast features .

Изучение тепловых процессов, протекающих в разных слоях шин во время обкатки, играет важную роль для решения проблемы повышения эксплуатационной выносливости шин как конструкционных изделий. На образование и распределение температуры по

структуре покрышки влияют следующие факторы: скорость ее вращения и характер изменения этой скорости в процессе езды, давление воздуха в камере и общая нагрузка на колесо.

В ряде публикаций подробно рассмотрены вопросы влияния смеси фуллеренов как на тепловое старение каучуков [1, 2], так и на динамическую выносливость резин с различными наполнителями [3], однако данных, позволяющих провести корреляционную связь между теплообразованием и изменением физико-механических свойств резин в процессе эксплуатации изделий, практически нет. Таким образом, целью нашего исследования было натурное моделирование процесса деформации образцов покровных шинных резин с целью выявления зон упрочнения и термомеханической деструкции путем замера температуры в режиме реального времени.

В качестве объектов исследования были выбраны: углеродный наномодификатор – смесь фуллеренов фракции $C_{50} - C_{92}$, состава: $C_{50} - C_{58}$ (14,69 %), C_{60} (63,12 %), $C_{62} - C_{68}$ (5,88 %), C_{70} (13,25 %), $C_{72} - C_{92}$ (3,06 %) и синтетические каучуки различной структуры, а именно: товарный полибутадиен СКД следующего состава – содержание цис-1,4 звеньев 93 %, содержание транс-1,4 звеньев 5 %, 1,2 звеньев 2 %; натуральный каучук (НК) RSS (ГОСТ ИСО 1795-96), с содержанием 1,4 цис-звеньев, 98 %; синтетический бутадиен-стирольный каучук (ГОСТ 15628-79) с содержанием транс-1,4 звеньев 71,8 %, цис-1,4-10,3 %, 1,2-звеньев – 15,8 %.

На основе этих каучуков была изготовлена и далее свулканизована резиновая смесь для покровной резины шин. Модификация полимеров смесью фуллеренов указанного состава проводилась путем внесения необходимой концентрации смеси фуллеренов на носителе (техническом углероде) на первой стадии смешения резиновой смеси.

Динамическое нагружение образцов проводили на установке для циклического многократного растяжения при степени деформации 50 % растяжения рабочей зоны согласно стандартной методике. План эксперимента предусматривал периодическую релаксацию (отдых) образцов длительностью не менее 72 часов для более точного моделирования процесса эксплуатации конструкционного изделия.

Визуализацию и оцифровку тепловых эффектов при динамических испытаниях резин выполняли с использованием тепловизора марки «testo 880». Методика измерений температуры на этом приборе основана на конвертации инфракрасного излучения в электрические сигналы и их визуализации в виде термографических картинок. Тепловизор позволяет в режиме реального времени выделить точки с наибольшим риском разогрева, аномалиями или зону с тепловым эффектом. Прибор выпол-

няет сканирование поверхности материалов или компонентов без какого-либо повреждения и показывает проблемные участки [4, 5].

По результатам математической обработки термоизображений можно определить наличие зон значительной концентрации механических напряжений, оценить напряженно-деформированное состояние конструкционного изделия в условиях эксплуатации и при необходимости рассчитать коэффициенты концентрации напряжений.

Обычная термограмма показывает только среднюю температуру в каждом concentрическом слое покрывки, в результате чего положение области перегрева не может быть локализовано. Применяя тепловизор «testo880», можно наблюдать тепловое изображение и измерять температуру в реальном времени, фиксировать динамику смещения участков перегрева через определенные промежутки времени и моделировать кинетику механодеструкции.

На рисунке 1 представлены результаты измерений в виде гистограммы распределения температуры по десяти образцам, подвергшимся динамическому нагружению в количестве 3000 циклов.

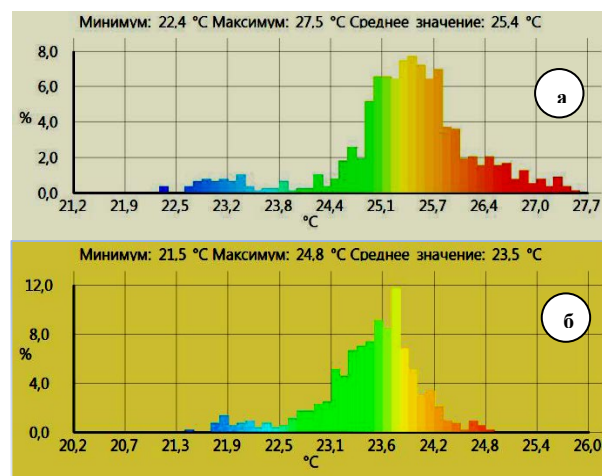


Рисунок 1. Термограммы образцов
а) с наномодификатором б) контрольный

Для резин с наномодификатором (рисунок 1) наблюдается расширение температурного интервала реакции от минимального значения до максимального на два градуса, что связано также с ростом средней температуры реакции по гистограмме также на 2-3 градуса при одинаковых условиях деформации и уровня циклического нагружения.

На кривых зависимости температуры образца от количества циклов суммарного нагружения (рисунок 2) показано, что скорость теплообразования в образцах с наномодификатором выше, чем у контрольного и соответ-

ственно достижение максимума температуры происходит при нагружении в два раза меньше. Однако минимум температуры в образцах обоих типов достигается практически одновременно, при этом температура в образцах с фуллеренами выше, чем у контрольных, почти на два градуса. Обе кривые удовлетворительно описываются линиями тренда с одинаковыми коэффициентами аппроксимации $R^2=0,9154$. Для образца с наномодификатором полином имеет вид: $y=0,0016x^6-0,0547x^5+0,7069x^4-4,3299x^3+12,381x^2-14,238x+3,297$, соответственно для контрольного образца: $y=0,0023x^6-0,0855x^5+1,1935x^4-7,9255x^3+25,219x^2-34,995x+46,953$



Рисунок 2. Зависимость температуры образца от количества циклов суммарного нагружения: 1-образец с ФТУ, 2-контрольный образец

ЛИТЕРАТУРА:

- 1 Чичварин А.В., Игуменова Т.И. Явление стабилизации теплового старения связующих на основе товарного полибутадиена смесью фуллеренов группы C50-C92 // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2011. № 4. С. 142-144.
- 2 Чичварин А.В., Игуменова Т.И., Крахт Л.Н. Исследование инфракрасных спектров пленок каучуков в присутствии модификаторов наноразмерного типа с интерпретацией результатов на основе хемометрического подхода // Фундаментальные исследования. 2011. № 12-1. С. 194-198.
- 3 Игуменова Т.И., Гудков М.А., Попов Г.В. Особенности усталостной устойчивости резин на основе комбинации минеральных наполнителей и фуллеренсодержащего технического углерода // Промышленное производство и использование эластомеров. 2012. № 1. С. 25-27.
- 4 Госсорг Ж. Инфракрасная термография: основы, техника, применение. М.: Мир, 2010. 416 с.
- 5 Вавилов В.П., Климов А.Г. Тепловизоры и их применение. М.: Интел. универсал, 2012. 88 с.

В точках минимума температуры были отобраны пробы образцов для определения прочности. Измерения показали увеличение условной прочности при растяжении для обеих серий, что свидетельствует о протекании процесса формирования структуры с повышением прочности образцов именно в зоне понижения температуры, что соответствует тепловому эндотермическому эффекту реакции рекомбинации макромолекул в соответствии с эффектом Маллинза-Петрикеева. Следует отметить наличие на кривой, соответствующей модифицированному образцу, плато постоянной температуры, что свидетельствует об образовании устойчивой к динамическим нагрузкам структуры, тогда как у контрольного материала вместо плато наблюдается резкий подъем температуры, которым сопровождается механодеструкция и падение прочности образца.

Таким образом, измерение теплообразования позволяет достаточно точно выделить зоны упрочнения и деструкции образцов композиционных материалов неразрушающим методом.

REFERENCES

- 1 Chichvarin A.V., Igumenova T.I. The phenomenon of stabilization of thermal aging binders based on polybutadiene commercial mixture of fullerenes C50-C92 groups. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. [Bulletin of the Belgorod State Technological University n.a. V.G. Shukhov], 2011, no. 4, pp. 142-144. (In Russ.).
- 2 Chichvarin A.V., Igumenova T.I., Kracht L.N. A study of the infrared spectra of the films in the presence of rubber modifiers such as nanoscale with the interpretation of the results based on chemometric approach. *Fundamental'nye issledovaniya*. [Basic Research], 2011, no. 12-1, pp. 194-198. (In Russ.).
- 3 Igumenova T.I., Gudkov M.A., Popov G.V. Features fatigue stability rubbers based on a combination of mineral fillers and fullerene carbon black. *Promyshlennoe proizvodstvo i ispol'zovanie elastomerov*. [Industrial production and use of elastomers], 2012, no. 1, pp. 25-27. (In Russ.).
- 4 Gossorg Zh. *Ifrakrasnaya termografiya* [Infrared thermography: basics, technology and application]. Moscow, Mir, 2010. 416 p. (In Russ.).
- 5 Vavilov V.P., Klimov A.G. *Teplovizory i ikh primeneniye* [Thermal and their application]. Moscow, Intel. universal, 2012. 88 p. (In Russ.).

Профессор Т.А. Кучменко, студент И.А. Грибоедова
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.)
кафедра физической и аналитической химии
E-mail: tak1907@mail.ru

Professor T.A. Kuchmenko, student I.A. Griboedova
(Voronezh state university of engineering technologies)
Department of physical and analytical chemistry
E-mail: tak1907@mail.ru

Разработка быстрого способа определения общей минерализации природных вод

Development of rapid technique for determination of the total mineralization of natural waters

Реферат. Предлагается новый подход для быстрой, простой оценки одного из показателей качества природных вод – содержания растворимых солей (минерализация). Применен метод пьезокварцевого микровзвешивания при односторонней нагрузке исследуемой водой электрода резонатора, чувствительного по массе (ОАВ-типа). Изучен уровень корреляции между различными показателями, связанными с содержанием солей, нерастворимых соединений, и уровнем минерализации, определенным стандартным способом (гравиметрия). Разработана методика взвешивания солей единичным сенсором с нагрузкой на одну сторону микропробой природной воды. Методом многофакторного планирования эксперимента по модели 2^3 установлены условия проведения измерений. Оценены возможности пьезокварцевого микровзвешивания для определения в воде нелетучих соединений. Произведена градуировка пьезосенсоров по стандартному раствору NaCl в оптимальных условиях эксперимента. Оценена адекватность и правильность способа по корреляции результатов пьезокварцевого микровзвешивания и кондуктометрии. Установлена корреляция между показателями минерализации, найденными пьезокварцевым микровзвешиванием и гравиметрией. Получено уравнение, которое можно применять для расчета стандартного показателя минерализации по результатам пьезокварцевого микровзвешивания одним сенсором. Предложены подходы по расширению аналитических возможностей разработанного способа для воды с низкой и высокой минерализацией. Оценены метрологические характеристики пьезокварцевого микровзвешивания нерастворенных соединений в природной воде. Разработан новый способ определения уровня минерализации в водах с электропроводностью от 0.2 мС и выше, который может быть применен для экспрессного анализа состояния воды в полевых условиях, а также в лаборатории для получения быстрой информации о пробе.

Summary. A new approach has been proposed for rapid and easy evaluation of a indicator of quality and properties of natural water - soluble salt content (mineralization). The method of quartz crystal microbalance is employed at load of the mass-sensitive resonator electrode (BAW-type) with investigated water. The degree of correlation between the various indicators related to the contents of salts and insoluble compounds and the level of mineralization obtained by the standard method (gravimetry) has been studied. A procedure for salt weighing by single sensor at unilateral load with small sample of natural water has been developed. The optimal conditions for measurement is established using the design of experiment by model 2^3 . The possibilities of quartz crystal microbalance for determination of non-volatile compounds in the water are described. The calibration of piezosensor is produced by standard solution NaCl ($c = 1.000 \text{ g / dm}^3$) at optimal conditions of experiment. The adequacy and accuracy of proposed technique is assessed by the correlation between the results of quartz crystal microbalance and conductometry. The correlation between indicators of mineralization established by quartz crystal microbalance and gravimetry is found. It has been obtained an equation that can be used to calculate the standard indicator of the mineralization by the results of a quartz crystal microbalance using single sensor. The approaches to enhance the analytical capabilities of the developed technique for water with low and high mineralization are proposed. The metrological characteristics of quartz crystal microbalance of insoluble compounds in natural water are estimated. A new technique of determination of the mass concentration of the dry residue in water with a conductivity of 0.2 mS or above has been developed, which can be used for rapid analysis of the water at nonlaboratory conditions and in the laboratory for rapid obtaining the information about a sample.

Ключевые слова: минерализация, пьезокварцевое микровзвешивание, качество воды, сенсор

Keywords: mineralization, quartz crystal microbalance, water quality, sensor

ВВЕДЕНИЕ

Вода – жизненно-важный компонент организма человека и среды его обитания. Одним из показателей качества воды является сухой остаток или степень минерализации. Этот показатель характеризует общее количество веществ (кроме газов), содержащихся в воде в растворенном состоянии [1].

Существующий подход по определению массовой концентрации сухого остатка включает выпаривание профильтрованной воды и высушивание задержанного остатка до постоянной массы (ПНД Ф 14.1:2.4.261-10, ГОСТ 18164-72) [1, 2]. Время анализа составляет до 4-6 часов, при этом одновременно можно анализировать несколько проб.

Для экспрессной оценки общего количества растворенных в воде свободных солей применяют метод измерения удельной электропроводности с применением мобильных установок (кондуктометров). Метод прост и быстр в исполнении, но при этом возможны ошибки за счет связывания ионов, например, двух-, трехвалентных металлов, органических соединений, ПАВ и т.д.

В полевых условиях доминирующее значение в анализе приобретает время и простота методики определения, поэтому актуальна разработка более простого и менее затратного способа оценки минерализации природных вод.

Пьезокварцевые резонаторы, генерирующие объемные акустические волны, широко применяются в различных направлениях исследования, прежде всего, благодаря высокой чувствительности по массе, – как чувствительные микровесы. И при этом могут функционировать при контакте не только с газовыми, но и жидкими средами. Поэтому перспективным направлением определения содержания сухого остатка в природных водах является применение кварцевых микровесов – предназначенных для преобразования изменений массы, присоединенной к поверхности кварцевого пьезорезонатора, в приращение выходной частоты автогенератора. Основным математическим уравнением, описываемым эту связь, является уравнение модели Зауэрбрея [3]:

$$\Delta F = -k \cdot \Delta m, \quad (1)$$

где ΔF – изменение резонансной частоты, Гц; Δm – изменение массы на электродах резонатора, мкг; k – константа, которая объединяет характеристики кварца, электродов, условий микровзвешивания.

Оригинальными и перспективными достоинствами предлагаемого решения могут служить: возможность односторонней нагрузки на электроды пьезорезонатора, применение малых объемов анализируемых проб – не более 10 мкл, для предотвращения растекания раствора за пределы наиболее чувствительной области резонаторов – центральной (ограничено электродами), низкая коррозионная активность материалов электродов (серебро, золото, алюминий).

Цель исследования – разработка нового экспрессного способа определения минерализации природных вод с применением пьезокварцевых микровесов.

При разработке способа определения содержания солей в воде оптимизированы условия измерения, проведена градуировка пьезовесов с нагрузкой на одну сторону, оценка адекватности и правильности способа на примере анализа проб природной воды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования и апробации нового способа выбрана природная вода с различной минерализацией из Кировоканского водопровода, Таганрогского залива, Балтийского, Каспийского, Азовского и Белого морей и 2 воды из торговой сети, маркированные как лечебно-столовая минеральная (таблица 1).

Для этих проб воды измерены некоторые стандартные показатели, связанные с содержанием солей и растворимых нелетучих соединений: минерализации гравиметрическим способом по ПНД Ф 14.1:2.4.261-10, ГОСТ 18164-72 ($m_{\text{грав}}$, г/дм³) [1, 2], электропроводность (α , мС) на кондуктометре НН 2314-02, общая жесткость (J_0 , ммоль/дм³) титрованием комплексом III с эриохромовым черным Т в щелочной среде [4, 5], показатель преломления (n_{D20}^p) на лабораторном рефрактометре РПЛ-4 [6] (таблица 1).

В качестве чувствительных микровесов применяли пьезорезонаторы ОАВ-типа с базовой частотой 10,0 МГц на длинных ножках и серебряными электродами диаметром 5 мм и измеряли частоту пьезорезонатора до и после нагрузки пробой воды на одноканальном частотомере. Воду наносили на один электрод пьезорезонатора (одноосная, односторонняя нагрузка), поэтому для избегания растекания анализируемой пробы и неравномерной нагрузки полученного сухого остатка на кварцевой пластине ножки изгибали под углом 90° (рисунок 1а).

Подготовка воды заключалась в отборе средней пробы образца, фильтровании через бумажный фильтр. Фиксировали исходную частоту колебаний резонатора F_0 (МГц) и закрепляли в переносной держатель. На верхний электрод наносили микрошприцем некоторый объем анализируемой пробы воды без взвесей и высушивали каплю раствора в сушильном шкафу (рисунок 1б). Охлаждали резонатор в эксикаторе и устанавливали, держа за ножки, в частотомер. Измеряли повторно частоту колебаний резонатора после сушки с сухим остатком на электроде F_c (МГц). Рассчитывали изменение частоты колебаний кварцевой пластины до нанесения воды и после высушивания ΔF (Гц):

$$\Delta F = (F_0 - F_c) \cdot 10^6, \quad (2)$$

где F_0 – исходная частота колебаний резонатора, МГц; F_c – частота колебаний после высушивания нанесенной капли воды, МГц. Содержание солей в воде $m_{\text{пьеzo}}$ (г/дм³) рассчитывали по уравнению Зауэрбрея [3]:

$$m_{\text{пьеzo}} = \frac{\Delta F \cdot S}{2,27 \cdot F_0^2}, \quad (3)$$

где S – площадь электродов резонатора, см² – как правило 0,2 см².

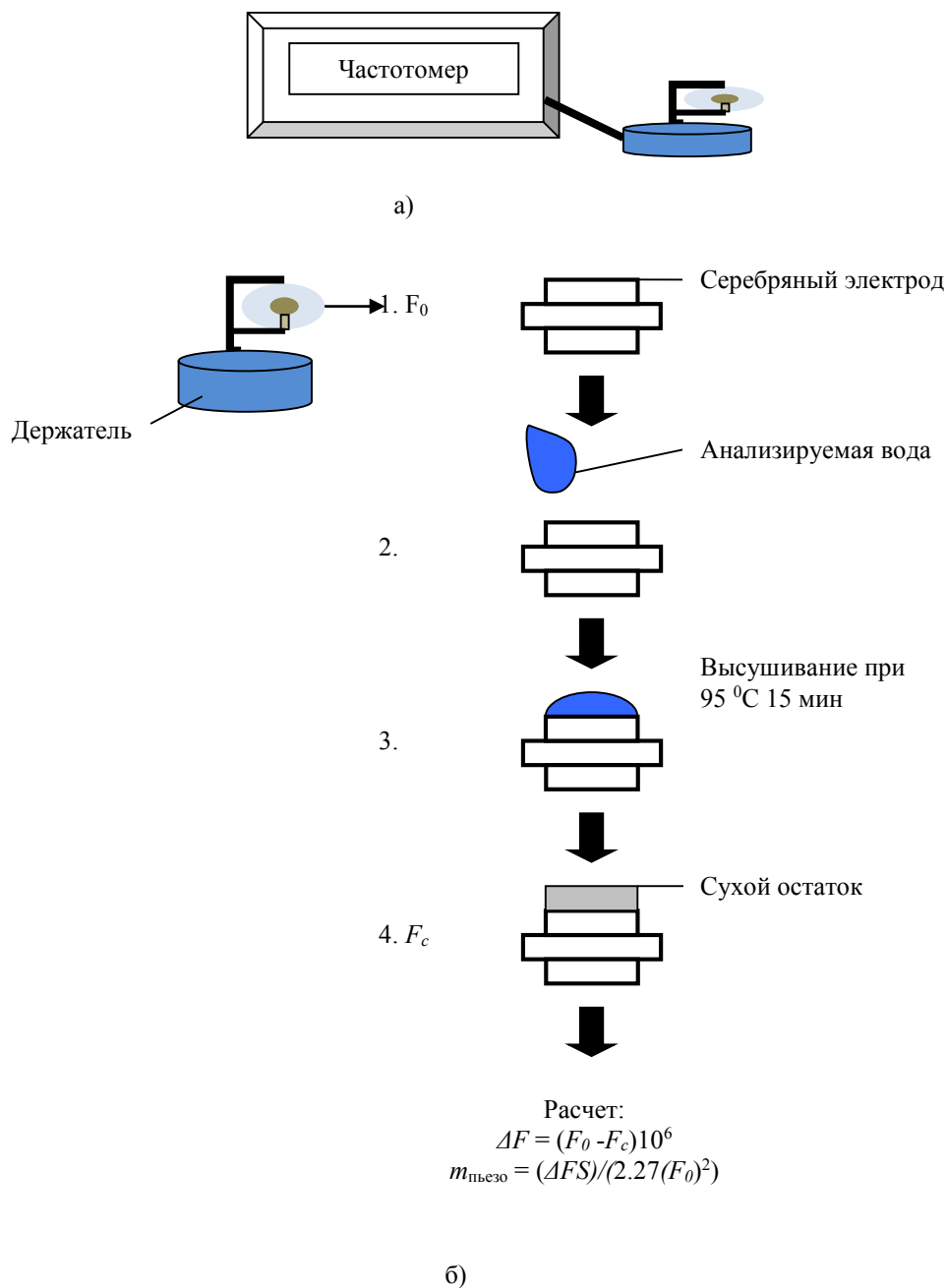


Рисунок 1. Схема определения сухого остатка пьезокварцевым микровзвешиванием
 а - пример установки резонатора в ячейку частотомера, б – последовательность операций.

После каждого анализа проводили удаление солей путем вымачивания в воде и, если требовалось, с применением легкой механической очистки, далее прогревание очищенного резонатора.

Для оптимизации условий измерения применяли метод многофакторного планирования эксперимента по модели 2^3 .

Градуировка пьезовесов проводилась методом «введено-найденно» с помощью стандартного раствора NaCl с концентрацией 1.000 г/дм^3 .

Правильность результатов микровзвешивания оценивали по результатам, полученным стандартным гравиметрическим способом ПНД Ф 14.1:2:4.261-10, ГОСТ 18164-72 [1, 2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительно определены стандартные показатели качества и свойства для проб, связанные с содержанием солей и других нелетучих соединений (таблица 1).

Объекты исследования и их некоторые стандартные физико-химические показатели ($n = 3$, $P = 0.95$)

№	Источники воды	Год отбора	$m_{\text{грав}}, \text{г/дм}^3$	α, mS	$J_0, \text{ммоль/дм}^3$	n_{20}^D
1	Белое море	2013	26.2 ± 0.2	36.9 ± 0.1	84.7 ± 0.1	1.338
2	Азовское море	2013	11.5 ± 0.1	19.8 ± 0.1	50.2 ± 0.1	1.336
3	Таганрогский залив	2014	11.3 ± 0.1	18.2 ± 0.1	48.8 ± 0.1	1.336
4	Каспийское море	2014	12.9 ± 0.1	17.9 ± 0.1	73.5 ± 0.1	1.336
5	Балтийское море	2013	7.5 ± 0.1	10.4 ± 0.1	13.9 ± 0.1	1.335
6	Лечебно-столовая минеральная 1	2015	5.0 ± 0.1	7.9 ± 0.1	6.9 ± 0.1	1.334
7	Лечебно-столовая минеральная 2	2015	2.9 ± 0.01	4.5 ± 0.01	7.0 ± 0.1	1.334
8	Кировоканский водопровод	2013	0.8 ± 0.01	0.8 ± 0.01	4.7 ± 0.1	1.334

Между различными показателями и минерализацией, полученной гравиметрическим способом, оценили уровень корреляции. Не установлено высокой корреляции между показателями жесткости и уровнем минерализации (сухим остатком) ($J_0 = 3.7062 \cdot m_{\text{грав}}$; $R^2 = 0.83$). Это объясняется тем, что общая жесткость воды определяется только содержанием комплексообразующих ионов металлов (кальция, магния в указанных условиях титрования), без учета других ионов. Также низкая корреляция установлена между показателем преломления и уровнем минерализации ($n_{20}^D = 0.0002 \cdot m_{\text{грав}} + 1.3330$; $R^2 = 0.85$), что объясняется низкой чувствительностью и селективностью рефрактометрии при измерении содержания растворенных солей в природной воде.

Наилучшая корреляция установлена для показателей электропроводности и уровня минерализации ($\alpha = 1.4648 \cdot m_{\text{грав}}$; $R^2 = 0.99$) (рисунок 2). Это объясняется тем, что электропроводность зависит от подвижности и концентрации ионов раствора в зоне больших концентраций прямолинейно и подчиняясь аддитивности их действия. Поэтому для экспрессной оценки показателя минерализации «на месте», во внелабораторных условиях применим метод измерения удельной электропроводности, но в случае малых содержаний в воде органических соединений (белков, пептидов и т.д.). Такое ограничение может привести к неправильным результатам при оценке свойств природных и сточных вод пищевых предприятий.

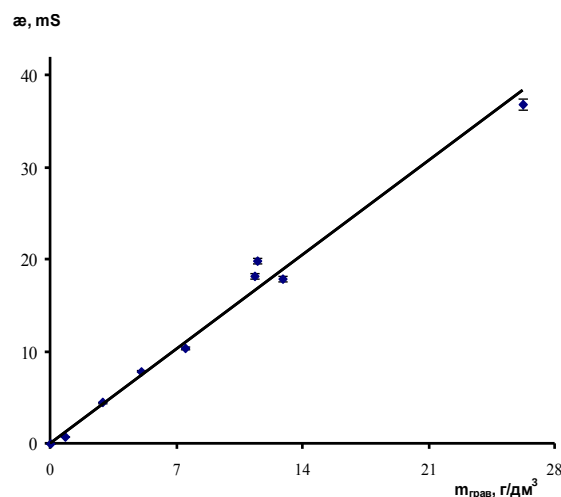


Рисунок 2. Зависимость электропроводности (α, mS) от минерализации, измеренной стандартным способом ($m_{\text{грав}}, \text{г/дм}^3$).

На следующем этапе проводилась работа по оптимизации условий проведения измерений на пьезовесах. В качестве оптимизации выбрана функция погрешности микровзвешивания ($Y = \Delta, \%$) с ее направленной минимизацией. В качестве факторов, влияющих на функцию наиболее значимыми выбраны: объем пробы ($V_{\text{пробы}} = X_1$, мкл), т.к. площадь рабочей поверхности пьезовесов ограничена площадью электродов – 0.2 см^2 ; время ($\tau = X_2$, мин) и температура ($t_{\text{сушки}} = X_3, ^\circ\text{C}$) сушки пьезовесов с пробой для удаления воды. Для каждого фактора был выбран интервал варьирования на нижнем и верхнем уровнях:

	$X_1, \text{мкл}$	$X_2, \text{мин}$	$X_3, ^\circ\text{C}$
Нижний	1	5	50
Верхний	5	15	95

Модель строили для двух проб воды, сильно различаемых соленостью: 1) пресной воды – вода из Кировоканского водопровода с электропроводностью ≈ 1 мС; 2) солоноватой – из Балтийского моря с электропроводностью ≈ 10 мС.

По полученным данным установлено, что выбранные уровни варьирования факторов не обеспечивают возможность проведения эксперимента по определению сухого остатка в водах с электропроводностью меньше 2 мС, т.к. погрешность определения массы соли после выпаривания воды не допустима для аналитического решения (больше 70 %).

Для солоноватой воды получено уравнение регрессии вида:

$Y = 136 + 73X_1 - 34.6X_2 - 20.2X_3 - 57.9X_1X_2 + 14.4X_1X_3 + 32.6X_2X_3 + 58.6X_1X_2X_3$, по которому были выбраны оптимальными условия микровзвешивания, обеспечивающие минимальное значение функции (погрешность микровзвешивания): $V_{\text{пробы}} = 1$ мкл; $\tau = 15$ мин; $t_{\text{сушки}} = 95$ °С.

Анализ воды с электропроводностью выше 15 мС невозможен из-за срыва автоколебаний пьезорезонатора. Поэтому предлагаемый

подход пригоден для вод с электропроводностью в интервале от 2 до 15 мС.

На следующем этапе эксперимента проводилась градуировка пьезовесов по стандартному раствору NaCl с оптимальными выбранными факторами, получено уравнение градуировочной функции, связывающее массу сухого остатка ($m_{\text{пьезо}}$, г/дм³) и регистрируемые параметры микровзвешивания ΔF , Гц:

$$m_{\text{пьезо}} = \frac{\Delta F \cdot 0.0176}{F_0^2}, \quad (4)$$

где ΔF – изменение резонансной частоты колебаний кварца, Гц; 0.0176 – коэффициент пропорциональности, г/дм³; F_0 – исходная частота колебаний резонатора, МГц.

По разработанному способу проанализированы пробы природной воды с различным уровнем минерализации из исследуемых (таблица 2). Для проверки правильности полученных результатов, оценена корреляция их со значениями электропроводности и результатами, полученными по стандартной методике.

Т а б л и ц а 2

Результаты пьезокварцевого микровзвешивания солей в природных водах ($n = 3$, $P = 0.95$)

№	Источник воды	$m_{\text{пьезо}}$, г/дм ³	По уравнению (1), г/дм ³	$m_{\text{грав}}$, г/дм ³	Δ , %
5	Балтийское море	3.4 ± 0.7	7.7	7.5 ± 0.1	3
6	Лечебно-столовая минеральная 1	2.1 ± 0.5	4.8	5.0 ± 0.1	5
7	Лечебно-столовая минеральная 2	1.2 ± 0.3	2.7	2.9 ± 0.01	7

Установлена высокая степень корреляции между результатами пьезокварцевого микровзвешивания и значениями электропроводности ($m_{\text{пьезо}} = 0.3005 \cdot \sigma$; $R^2 = 0.97$). Это доказывает правильность и правомочность применения пьезокварцевого микровзвешивания для оценки минерализации воды в указанных интервалах (от 2 до 15 мС).

Прямо пропорциональная зависимость установлена между показателями минерализации, найденными пьезокварцевым микровзвешиванием и гравиметрическим способом ($m_{\text{пьезо}} = 0.44 \cdot m_{\text{грав}}$; $R^2 = 0.996$) (рисунок 3). Такая зависимость еще раз подтверждает правильность результатов, полученных по предложенному способу и возможность замены трудоемкой стандартной методики разработанным методом.

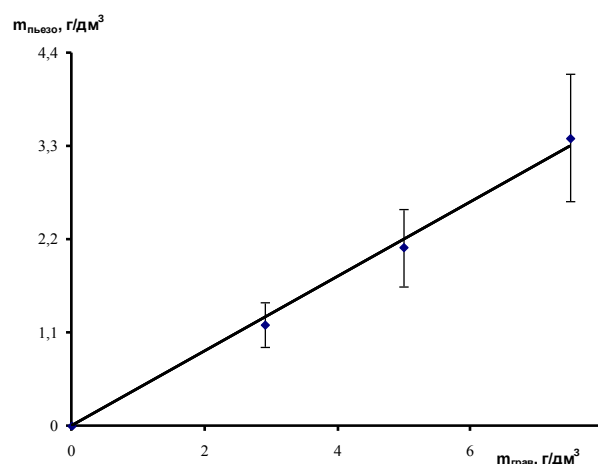


Рисунок 3. График зависимости минерализации, измеренной пьезокварцевым микровзвешиванием ($m_{\text{пьезо}}$, г/дм³) от минерализации, измеренной стандартным способом ($m_{\text{грав}}$, г/дм³).

Полученное уравнение можно применять для расчета минерализации:

$$m_{\text{грав}} = \frac{m_{\text{пьезо}}}{0.44} \quad (5)$$

Оценили погрешность определения минерализации некоторых проб природной воды, по отношению к результатам, полученным по стандартной методике (таблица 2). Все изученные пробы воды соответствуют заявленному уровню минерализации.

Для расширения аналитических возможностей разработанного способа предложено

применять: 1) предконцентрирование солей для пресных вод с электропроводностью в интервале от 0.2 до 2 мС путем упаривания пробы из объема 2.5 см³ досуха и растворения в 0.5 см³ дистиллированной воды; 2) нормализация по сухому остатку – путем разбавления вод с электропроводностью выше 15 мС в несколько раз.

Предложенные подходы протестированы на пробах воды с различной минерализацией (таблица 3). Погрешность определения уровня минерализации природных вод с пробоподготовкой не превышает 15 %, относительно результатов, полученных по стандартной методике.

Таблица 3

Результаты анализа природных вод с расширением объектов анализа (n = 3, P = 0.95)

№	Источник воды	Подготовка пробы	$m_{\text{пьезо}}$, г/дм ³	По уравнению (1) г/дм ³	$m_{\text{грав}}$, г/дм ³	Δ , %
1	Белое море	Разбавление в 3 раза	11.9 ± 2.5	27.1 ± 5.7	26.2 ± 0.2	3
2	Азовское море	Разбавление в 2 раза	5.6 ± 1.2	12.7 ± 2.7	11.5 ± 0.1	10
3	Таганрогский залив		4.5 ± 0.9	10.2 ± 2.0	11.3 ± 0.1	10
4	Каспийское море		5.1 ± 1.2	11.6 ± 2.7	12.9 ± 0.1	10
8	Кировоканский водопровод	Предконцентрирование в 5 раз	0.3 ± 0.06	0.7 ± 0.14	0.8 ± 0.01	13

По основным аналитическим характеристикам (таблица 4) разработанный способ превосходит стандартный по трудоемкости и времени проведения анализа, простоте оборудования [1, 2], но уступает по допустимой погрешности определения уровня минерализации.

Таблица 4

Характеристики разработанного способа

Подготовка пробы	α , мС	Продолжительность анализа, мин	Δ , %
С предварительным концентрированием	0.2 - 2	35 - 40	15
Без изменения	2 - 15	30 - 35	10
С предварительным разбавлением	15 и выше	30 - 35	15

ВЫВОДЫ

Разработан новый способ определения массовой концентрации сухого остатка в водах с электропроводностью от 0.2 мС и выше, обеспечивающий высокую чувствительность, простоту определения, значительное сокращение времени анализа (до 30 мин), по сравнению со стандартной методикой, пригодный для экспрессной диагностики состояния воды во внелабораторных условиях, а также в лаборатории для получения экспрессной информации о пробе.

Результаты получены при выполнении НИОКР в рамках государственного контракта № 4.2186.2014/К от 17.07.2014 г.

ЛИТЕРАТУРА

1 ПНД Ф 14.1:2.4.261-10. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений массовой концентрации сухого и прокаленного остатков в пробах питьевых, природных и сточных вод гравиметрическим методом. М., 2010.

2 ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка. Введен 01.01.1974. М.: ФГУП "СТАНДАРТИН-ФОРМ", 2010.

3 Кучменко Т.А. Химические сенсоры на основе пьезокварцевых микровесов М.: Наука, Т. 14. 2011. С.127-203.

4 ПНД Ф 14.1:2.98-97. Количественный химический анализ вод. Методика выполнения измерений жесткости в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом. М., 2004.

5 РД 52.24.395-2007. Жесткость воды. Методика выполнения измерений титриметрическим методом с трилоном Б. М., 2007.

6 ГОСТ 18995.2-73. Продукты химические жидкие. Метод определения показателя преломления (с Изменением N 1). М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.

REFERENCES

- 1 PND F 14.1:2:4.261-10. Kolichestvennyi khimicheskii analiz vod. Metodika vypolneniia izmerenii massovoi kontsentratsii sukhogo i prokalennogo ostatkov v probakh pit'evykh, prirodnykh i stochnykh vod gravimetricheskim metodom [Federated environmental regulations 14.1:2:4.261-10. Quantitative chemical analysis of water. Measurement procedure of the mass concentration of dry and burnt residues in samples of drinking water, natural water and waste waters by gravimetric method]. Moscow, 2010. (In Russ.).
- 2 GOST 18164-72. Voda pit'evaia. Metod opredeleniia sodержaniia sukhogo ostatka [State Standard 18164-72. Drinking water. Method for determination of total solids content]. Standartinform Publ, 2010. (In Russ.).
- 3 Kuchmenko T.A Khimicheskie sensory na osnove p'yezokvartsevykh mikrovesov [Chemical sensors based on piezoelectric microbalance]. Москва, 2011. 127-203p. (in Russ.).
- 4 PND F 14.1:2.98-97. Kolichestvennyi khimicheskii analiz vod. Metodika vypolneniia izmerenii zhostkosti v probakh prirodnykh i ochishchenykh stochnykh vod titrimetricheskim metodom [Federated environmental regulations 14.1:2.98-97. Quantitative chemical analysis of water. Measurement procedure the hardness in samples of natural and purified wastewater by titrimetry]. Moscow, 2007. (In Russ.).
- 5 RD 52.24.395-2007. Zhostkost' vody. Metodika vypolneniia izmerenii titrimetricheskim metodom s trilonom B [Guidance Document 52.24.395-2007. Water hardness. Measurement procedure titrimetrically with Trilon B]. Rostov-on-Don, 2007. (In Russ.).
- 6 GOST 18995.2-73. Produkty khimicheskie zhidkie. Metod opredeleniia pokazatelya prelomleniia (s Izmeneniem N 1) [State Standard 18995.2-73. Liquid chemical products. Method for determination of refractive index (with Alteration N 1)]. 1998. (In Russ.).

УДК 663.5

Инженер С.Ю. Никитина

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) центр коллективного пользования.

тел. +7(473)255-37-16,

E-mail: sunik@mail.ru

Engineer S.Yu Nikitina

(Voronezh state university of engineering technologies) Center for collective use.

phone +7 (473) 255-37-16,

E-mail: sunik@mail.ru

К вопросу об эффективности извлечения примесей при эспирации этанола

The efficiency of impurities extraction during the process of ethanol euration

Реферат. В статье предложена статическая модель эспирационной колонны, эксплуатируемой по методу глубокой гидроселекции, учитывающая изменение концентрации ключевых компонентов по высоте колонного аппарата и укрепляющее действие дефлегматора. Цель настоящей работы - определение оптимального положения питательной тарелки колонны и оценка эффективности вываривания и концентрирования примесных соединений в процессе эспирации. С этой целью автором была разработана статическая модель эспирационной колонны, которая позволяет выявить зависимость степени вываривания и степени концентрирования основных примесей в колонне от числа тарелок в каждой из этих частей. Доказано, что с увеличением числа теоретических тарелок в концентрационной части эспирационной колоны эффект концентрирования примесей, имеющих головной характер, стремится к предельной величине; эффекты вываривания головных примесей неограниченно возрастают с увеличением истощающей части. На долю примесей, выделенных с фракцией из конденсатора, сильнее влияет эффект их вываривания, чем концентрирования. Эффект очистки спирта от компонентов сивушного масла существенно зависит от соотношения между числами тарелок в выварной n и концентрационной m частях колонного аппарата (оптимальное соотношение n/m для изопропанола, изоамилола и бутанола равно 1,5, в то время как для пропанола и изобутанола - 0,45).

Summary. The static model of the hydroselction column that describes the concentration variation of the main components was proposed. The purpose of this work is an optimization of the shared mixture input-position and evaluation of efficiency of the digestion and the impurity compound concentration during the euration process. To this end, the author developed a static model of euration columns, which allows to reveal the dependence of the degree of digestion and the degree of concentration of the main impurities in the column of the number of plates in each of these parts. It's proved that with the increasing of theoretical plates number in the concentration part of the column the concentration effect tends to the limit value. The effects of the head impurities digestion increase indefinitely with the growth of exhausting part. The proportion of the output from the condenser impurities depends more from the digestion effect than from the condensation effect. The effect of alcohol cleaning from the fusel oil components depends strongly from the ratio of the number of plates in the digestion and concentration parts (the optimal ratio for isopropanol, isoamyl, butanol is 1.5, for the propanol, isobutanol is 0.45).

Ключевые слова: эспирационная колонна, этанол, примеси, пропанол, изопропанол, бутанол, изобутанол, изоамилол.

Keywords: hydroselction column, ethanol, impurities, isoamylalcohol, isobutyl alcohol, n-butyl alcohol, isopropyl alcohol, n-propyl alcohol.

Типовые брагоректификационные установки косвенного действия обычно содержат полную эспирационную колонну, имеющую 29 многоколпачковых тарелок в выварной части и 20 - в концентрационной. Однако в связи со значительным изменением условий работы этих колон (применение глубокой гидроселекции,

повышенный расход греющего пара и т.д.) этот выбор нельзя считать окончательным [1]. В настоящем исследовании предпринята попытка найти оптимальное положение питательной тарелки эспирационной колонны, работающей с использованием глубокой гидроселекции.

Пусть эспирационная колонна имеет n и m теоретических тарелок соответственно в выварной и концентрационной частях, питается бражным дистиллятом с концентрацией этилового спирта x_c молевых долей и обогревается паром через кипятильник, на верхнюю тарелку колонны подается L_g киломолей гидроселекционной воды, из куба отводится L_0 киломолей эспирата, а из конденсатора отбирается F_D киломолей фракции, содержащей смесь головных и промежуточных примесей (рис.1).

Примем КПД тарелок равным 0,5. Будем обозначать через G и L_c молевые потоки пара и питания, через L_m, L_n – молевые потоки жидкости соответственно в концентрационной и выварной частях колонны, через x_0, x_i, x_D – молевые доли этилового спирта или примеси в эспирате, жидкой фазе i -й тарелки, флегме, а через y_0, y_i, y_D – молевые доли этилового спирта или примеси в паре над кубовой жидкостью, над i -й тарелкой и паре, выходящем из дефлегматора.

Все материальные потоки в колонне будем выражать в киломолях из расчета на 1 киломоль этилового спирта, поступающего в колонну с питанием, при этом допустим, что молевой поток пара G постоянен для всей колонны. Тогда $v = (G - F_D) / F_D$ – флегмовое число колонны, $L_c = 1/x_c$; $L_n = G - F_D + L_c + L_g$, $L_m = G - F_D + L_g$, $L_0 = L_c - F_D + L_g$, $F_D = D/y_D$ – жидкостные молевые потоки (D – количество этанола, отбираемого из конденсатора эспирационной колонны).

Аналогично:

$$x_2 = x_0 \frac{GK_0\alpha_1 + L_0(1 + \alpha_1)}{L_n}$$

$$x_3 = x_0 \frac{GK_0\alpha_1\alpha_2 + L_0(1 + \alpha_2 + \alpha_1\alpha_2)}{L_n}$$

...

$$x_n = x_0 \frac{GK_0\alpha_1\alpha_2\ldots\alpha_{n-1} + L_0(1 + \alpha_{n-1} + \alpha_{n-1}\alpha_{n-2} + \ldots + \alpha_{n-1}\alpha_{n-2}\ldots\alpha_1)}{L_n},$$

$$\text{где } \alpha_i = \frac{G}{L_n} K_i, K_i = \frac{y_i}{x_i} \quad (4)$$

С учетом (4) преобразуем последнее уравнение системы (3):

$$y_n = x_0 \frac{K_0 L_n \alpha_1 \alpha_2 \ldots \alpha_n + L_0 K_n (1 + \alpha_{n-1} + \alpha_{n-1} \alpha_{n-2} + \ldots + \alpha_{n-1} \alpha_{n-2} \ldots \alpha_1)}{L_n}, \quad (5)$$

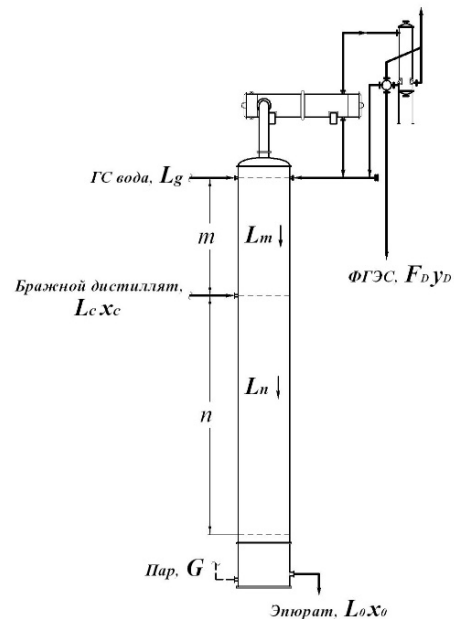


Рисунок 1. Схема материальных потоков в эспирационной колонне

Составим теперь уравнение материального баланса для куба колонны, в который примесь поступает с жидкой фазой первой тарелки, а отводится с эспиратом и паром на первую тарелку. Тогда:

$$L_n x_1 = G y_0 + L_0 x_0 \quad (1)$$

Уравнение (1) преобразуем к виду:

$$x_1 = x_0 \frac{GK_0\alpha_1 + L_0(1 + \alpha_1)}{L_n}, \quad (2)$$

где $K_0 = \frac{y_0}{x_0}$ – коэффициент испарения спирта и примеси в эспирате.

Поскольку концентрация этилового спирта на тарелках выварной части практически постоянна [1], допустим, что:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_n = \alpha. \quad (6)$$

Из соотношений (5) и (6) получаем:

$$\sigma_n = \frac{y_n}{x_0} = \frac{K_0 L_n \alpha^n + K_n L_0 (1 + \alpha + \alpha^2 + \dots + \alpha^{n-1})}{L_n} \quad (7)$$

Если $\alpha \neq 1$, уравнение (7) преобразуется к виду:

$$\sigma_n = \frac{y_n}{x_0} = \frac{\alpha^n [K_0 L_n (\alpha - 1) + L_0 K_n] - K_n L_0}{L_n (\alpha - 1)} \quad (8)$$

Если $\alpha = 1$, уравнение (7) приобретает вид:

$$\sigma'_n = \frac{y_n}{x_0} = \frac{L_n K_0 + K_n L_0 n}{L_n} \quad (9)$$

Анализ уравнений (8) и (9) показывает, что при $\alpha \geq 1$ ($K_n \geq L_n / G$) и $n \rightarrow \infty$ степень вываривания примеси $\sigma_n \rightarrow \infty$ ($\lim \sigma_n = \sigma^\infty_n = \infty$).

В случае $\alpha < 1$ ($K_n < L_n / G$):

$$\sigma_n = \frac{K_n L_0}{L_n (\alpha - 1)} \quad (10)$$

Как следует из уравнения (10), увеличение числа тарелок в выварной части эспирационной колонны не может обеспечить полного вываривания примесей, имеющих хвостовой характер. Для анализа процесса концентрирования примеси в эспирационной колонне воспользуемся уравнением ее материального баланса для дефлегматора:

$$G y_{n+m} = (G - F_D) x_D + F_D y_D, \quad (11)$$

Примем, что эффект концентрирования примеси в дефлегматоре эквивалентен одной ступени равновесной конденсации пара. Сделанное допущение означает, что выходящий из дефлегматора пар находится в состоянии равновесия с флегмой.

В этом случае уравнение (11) преобразуется к виду:

$$\sigma_m = \frac{y_{n+m}}{y_n} = \frac{v + K_D}{(v + K_D) \beta_{n+m} \beta_{n+m-1} \dots \beta_{n+1} + K_D (1 + \beta_{n+1} + \beta_{n+1} \beta_{n+2} + \dots + \beta_{n+1} \beta_{n+2} \dots \beta_{n+m-1})}, \quad (19)$$

Если на $(n+m)$ -ю тарелку эспирационной колонны подается достаточно большое количество гидроселекционной воды, то концентрация этилового спирта практически постоянна

$$\sigma_D = \frac{y_D}{y_{n+m}} = \frac{K_D (v + 1)}{v + K_D}, \quad (12)$$

где $K_D = \frac{y_D}{x_D}$ - коэффициент испарения примеси для дефлегматора колонны.

Запишем теперь уравнение материального баланса примеси для $(n+m)$ -й тарелки:

$$G y_{n+m-1} + (G - F_D) x_D = G y_{n+m} + L_m x_{n+m}, \quad (13)$$

Из соотношений (11) и (13) следует:

$$G y_{n+m-1} = L_m x_{n+m} + F_D y_D. \quad (14)$$

Уравнение (14) с учетом (12) преобразуется к виду:

$$y_{n+m-1} = y_{n+m} \left(\beta_{n+m} + \frac{\sigma_D}{v + 1} \right), \quad (15)$$

$$\text{где } \beta_{n+m} = \frac{L_m}{G K_{n+m}}, \quad (16)$$

Аналогично для $(n+m-1)$ -й, $(n+m-2)$ -й, ..., $(n-1)$ -й тарелок будем иметь:

$$y_{n+m-2} = y_{n+m} \left[\beta_{n+m} \beta_{n+m-1} + \frac{\sigma_D}{v + 1} (1 + \beta_{n+m-1}) \right]$$

$$y_{n+m-3} = y_{n+m} \left[\beta_{n+m} \beta_{n+m-1} \beta_{n+m-2} + \frac{\sigma_D}{v + 1} (1 + \beta_{n+m-2} + \beta_{n+m-2} \beta_{n+m-1}) \right], \quad (17)$$

...

$$y_n = y_{n+m} \left[\beta_{n+m} \beta_{n+m-1} \dots \beta_{n+1} + \frac{\sigma_D}{v + 1} (1 + \beta_{n+1} + \beta_{n+1} \beta_{n+2} + \dots + \beta_{n+1} \beta_{n+2} \dots \beta_{n+m-1}) \right]$$

где $\beta_i = \frac{L_m}{G K_i}$. (18)

Из последнего уравнения системы (17) с учетом соотношения (12) получим:

для всех тарелок концентрационной части [1, 2]. В этом случае можно допустить, что:

$$\beta_{n+1} = \beta_{n+2} = \dots = \beta_{n+m} = \beta. \quad (20)$$

С учетом (20) уравнение (19) приобретает вид:

$$\sigma_m = \frac{y_{n+m}}{y_n} = \frac{v + K_D}{(v + K_D)\beta^m + K_D(1 + \beta + \beta^2 + \dots + \beta^{m-1})}, \quad (21)$$

Если $\beta \neq 1$, уравнение (21) преобразуется следующим образом:

$$\sigma_m = \frac{y_{n+m}}{y_n} = \frac{(1 - \beta)(v + K_D)}{K_D + \beta^m[(v + K_D)(1 - \beta) - K_D]}, \quad (22)$$

Если $\beta = 1$, уравнение (21) приобретает вид:

$$\sigma_m = \frac{y_{n+m}}{y_n} = \frac{v + K_D}{v + K_D(m + 1)}, \quad (23)$$

Из анализа уравнений (22) и (23) следует, что при $m \rightarrow \infty$ степень концентрирования примесей стремится к постоянным величинам:

$$\sigma_m^\infty = \lim \sigma_m = \frac{(1 - \beta)(v + K_D)}{K_D}, \quad (24)$$

$$\text{если } \beta < 1 \left(K_m > \frac{L_m}{G} \right);$$

$$\sigma_m^\infty = \lim \sigma_m = \frac{K_D + v}{v}; \quad (25)$$

$$\text{если } \beta = 1 \left(K_m = \frac{L_m}{G} \right);$$

$$\sigma_m^\infty = \lim \sigma_m = 0, \quad (26)$$

$$\text{если } \beta > 1 \left(K_m < \frac{L_m}{G} \right).$$

Заметим, что общая степень концентрирования примеси в укрепляющей части эспираторной колонны и ее дефлегматоре:

$$\sigma_{mD} = \frac{y_D}{y_n} = \sigma_m \sigma_D. \quad (27)$$

$$\sigma_{mD}^\infty = \lim \sigma_{mD} = (1 - \beta)(v + 1), \text{ если } \beta < 1 \quad (28)$$

$$\sigma_{mD}^\infty = \lim \sigma_{mD} = \frac{K_D(v + 1)}{v}; \text{ если } \beta = 1; \quad (29)$$

$$\sigma_{mD}^\infty = \lim \sigma_{mD} = 0, \text{ если } \beta > 1. \quad (30)$$

Результаты расчетов степени вываривания σ_n по уравнениям (8) - (10), (12), (19), (22), (27)-(30) и концентрирования σ_{mD} некоторых примесей в эспираторной колонне приведены в таблицах 1, 2, а степень извлечения примесей

с фракцией из конденсатора эспираторной колонны

$$\left[\chi_D = \frac{F_D y_D}{F_D y_D + L_0 x_0} = \frac{F_D \sigma_{mD} \sigma_n}{L_0 + F_D \sigma_{mD} \sigma_n} \right]$$

представлена на рисунке 2.

В расчетах использованы данные [1 - 5] о коэффициентах испарения примесей и распределении этилового спирта по тарелкам эспираторной колонны в зависимости от условий ее работы.

Анализ приведённых уравнений показал, что с увеличением числа теоретических тарелок m в концентрирующей части эспираторной колонны эффект σ_{mD} концентрирования примесей, имеющих головной характер, стремится к предельной величине σ_{mD}^∞ . При этом для достижения σ_{mD}^∞ большинства изученных примесей достаточно 15-20 теоретических тарелок.

Эффекты вываривания σ_n примесей, имеющих головной характер в истощающей части эспираторной колонны неограниченно возрастают с увеличением ее эффективности (числа теоретических тарелок n).

При этом на долю примесей χ_D , выделенных с фракцией из конденсатора эспираторной колонны, сильнее влияет эффект их вываривания, чем концентрирования.

Как следует из рисунка, эффект очистки спирта χ_D от компонентов сивушного масла существенно зависит от соотношения между числами тарелок в ее выварной и концентрирующей частях. Так, например, оптимальное соотношение n/m для изопропанола, изоамилола и бутанола равно 1,5, в то время как для пропанола и изобутанола 0,45.

Анализируя полученные данные, можно сделать следующие выводы.

1. Эффект вываривания примесей, имеющих головной характер, неограниченно возрастает с увеличением числа тарелок в истощающей части эспираторной колонны, в то время как эффект концентрирования примесей с ростом числа укрепляющих тарелок стремится к постоянной величине.

2. Вклад эффекта вываривания σ_n в степень извлечения примесей χ_D относительно больше степени концентрирования примеси σ_m .

Максимальный эффект выделения изопропанола, бутанола и изоамилола в эспираторной колонне, работающей с подачей гидроселекционной воды на ее верхнюю тарелку, достигается при $n/m=1,5$, а пропанола и изобутанола – при $n/m=0,45$.

Зависимость степени вываривания некоторых примесей от числа тарелок в истощающей части элюационной колонны, n

Примесь	$n=4$	$n=8$	$n=10$	$n=15$	$n=20$	$n=25$	$n=30$	$n=\infty$
Изоамилацетат	257.36	2201.46	$6.36 \cdot 10^4$	$8.96 \cdot 10^4$	$1.26 \cdot 10^6$	$1.78 \cdot 10^8$	$2.5 \cdot 10^8$	∞
Изопропанол	24.41	40.18	48.20	68.65	89.69	111.33	133.60	∞
Пропанол	11.97	12.95	13.97	14.42	14.57	14.61	14.63	14.64
Изобутанол	11.97	12.95	13.97	14.42	14.57	14.61	14.63	14.64
Бутанол	22.45	30.71	34.17	41.22	46.47	50.38	53.30	61.82
Изоамилол	25.33	35.54	40.11	50.15	58.51	65.45	71.23	99.75
Метанол	6.00	6.29	6.32	6.34	6.34	6.34	6.34	6.34

Зависимость степени концентрирования некоторых примесей от числа тарелок в укрепляющей части элюационной колонны, m

Примесь	$m=4$	$m=8$	$m=10$	$m=15$	$m=20$	$m=25$	$m=30$	$m=\infty$
Изоамилацетат	23.61	28.45	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56	28.56
Изопропанол	6.30	11.29	12.78	14.14	14.36	14.40	14.40	14.40
Пропанол	2.51	4.10	4.94	6.65	7.61	8.02	8.18	8.29
Изобутанол	2.12	3.62	4.46	6.33	7.45	7.96	8.16	8.28
Бутанол	5.70	13.10	15.24	16.82	16.98	17.00	17.00	17.00
Изоамилол	3.91	10.88	13.68	16.17	16.48	16.50	16.51	16.51
Метанол	1.46	1.08	0.94	0.68	0.50	0.38	0.29	0

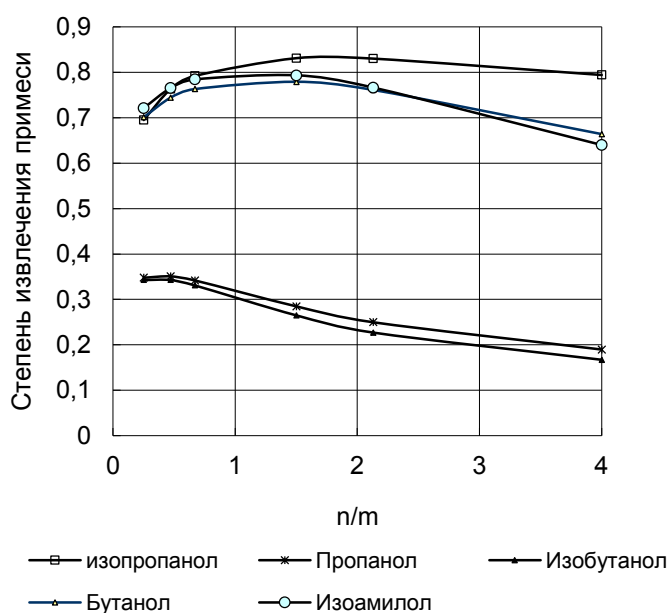


Рисунок 2. Зависимость степени извлечения примесей этанола из конденсатора элюационной колонны от соотношения числа теоретических тарелок в её выварной и концентрационной частях

ЛИТЕРАТУРА

1 Константинов Е.Н., Короткова Т.Г. Сравнение альтернативных вариантов очистки пищевого спирта от сивушных масел в элюационной и спиртовой колоннах // Известия вузов. Пищевая технология. 2011. №2-3. С. 55-59.

2 Короткова Т.Г., Константинов Е.Н. Моделирование технологии получения пищевого спирта на брагоректификационной установке // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 1. С. 108 - 111.

3 Никитина С.Ю. Новая технология ректификации для получения этанола повышенного качества // Промышленно-академическое сотрудничество в фармацевтической, химической и пищевой отраслях: мат. I Междунар. конгресса, 17-18 сентября 2014 г. Монтелуко ди Ройо, Аквила – Италия. С. 97 – 99.

4 Никитина С.Ю. Схемотехника и методики расчётов брагоректификационных установок. Воронеж: ВГАСУ, 2013. 209 с.

5 Абрамова И.М. Научное обоснование методологии комплексного контроля спиртового и ликёроводочного производства с целью повышения качества и безопасности алкогольной продукции: дис. ... д-ра. тех. наук: 05.18.07: защищена 04.09.2014: утв. 25.12.2014. М.: Всероссийский научно-исследовательский институт пивоваренной, безалкогольной и винодельческой промышленности РАСХН, 2014. 244 с.

REFERENCES

1 Konstantinov E.N., Korotkova T.G. Comparison of cleaning from fusel oils types for edible alcohol in the alcohol and epuration columns. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. [Proceedings of the universities. Food technology], 2011, no. 2-3, pp. 55-59. (In Russ.).

2 Korotkova T.G., Konstantinov E.N. The model of edible alcohol production technology in the rectification Installation. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. [Proceedings of the universities. Food technology], 2011, no. 2-3, pp. 55-59. (In Russ.).

3 Nikitina S.Yu. The new rectification technology for the high quality ethanol production. *Promyshlenno-akademicheskoe sotrudnichestvo v farmatsevticheskoi khimicheskoi i pishchevoi otaslyakh: mat. I Mezhdunar. kongressa, 17-18 sentyabrya 2014 g. Monteluko di Roio, Akvila – Italiya* [Industrial and academic cooperation in the pharmaceutical, chemical and food industries: materialy I International Congress, 17-18 September 2014. Monteluko di Roio, L'Aquila – Italy] Aquila, 2014. pp. 97 - 99.

4 Nikitina S.Yu. *Skhemotekhnika i metodiki raschetov bragorektifikatsionnykh ustanovok* [Circuit Engineering and methods of rectification installation calculations]. Voronezh, VGASU, 2013. 209 p. (In Russ.).

5 Abramova I.M. Nauchnoe obosnovanie metodologii kompleksnogo kontrolya spirtovogo i likerovodochного производства s tsel'yu povysheniya kachestva i bezopasnosti alkogol'noi produktsii [Scientific substantiation of the alcohol and beverage production integrated control methodology to improve the quality and safety of alcoholic beverages. Diss. doc. tech. sci.]. Moscow, 2014. 244 p. (In Russ.).

УДК 541.64/664.2

Заместитель директора по научной работе Н.Д. Лукин,
аспирант И.С. Усачев
(ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов)
тел. (495) 557-15-00
E-mail: vniik@arrisp.ru

Deputy director on science N.D. Lukin, graduate I.S. Usachev
(All-Russian research institute for starch products)
phone (495) 557-15-00
E-mail: vniik@arrisp.ru

Технология получения термопластичных крахмалов

Technology of thermoplastic starch production

Реферат. В последние годы новое развитие получило направление по созданию биоутилизируемых полимерных изделий, производство и потребление которых стало эффективным способом защиты окружающей среды от твердых бытовых отходов в различных странах мира. Проблема защиты окружающей среды приобретает глобальный характер, серьезную озабоченность вызывает быстрый рост использования синтетических пластмасс во многих отраслях. Большое значение приобретают задачи как повышения качества, надежности и долговечности получаемых из них изделий, так и их утилизации после истечения срока эксплуатации. Одним из наиболее приемлемых способов решения этих задач является создание биоразлагаемых материалов на основе природных материалов, не приносящих вред окружающей среде и здоровью человека. Весьма эффективным и распространенным способом придания биологической разрушаемости синтетическим полимерам является введение в полимерную композицию различных наполнителей, в частности, крахмала, в сочетании с другими ингредиентами.

Summary. In recent years, the manufacturing of bio-recyclable polymer products, which production and consumption has become an efficient way to protect environment from solid wastes in different countries of the world. The issue of environmental protection becomes global and the rapid growth of synthetic plastics application in many industries is a serious concern. There is a important task to improve the quality, safety and durability of products as well as their utilization after the expiration period. One of the most acceptable ways to solve these issues is to produce biodegradable materials based on natural materials, which are not harmful for environment and human health. A very common and effective method to give biological degradability to synthetic polymers is to insert starch into polymer composition in combination with other ingredients.

Ключевые слова: термопластичный крахмал, полиэтилен, модификация, экструзия, сополимеры крахмала, биоразлагаемые материалы, окружающая среда

Keywords: thermoplastic starch, polyethylene, modification, extrusion, starch co-polymers, biodegradable materials, environment

Получение термопластичных крахмалов (ТПК) путем перевода нативных крахмалов в термопластичную форму проводили во ВНИИ крахмалопродуктов. Для получения ТПК нативные крахмалы смешивали с глицерином и сорбитолом в соотношении 60/30/10. Смешивание проводили в емкости с мешалкой в течение 1 ч., полученную массу загружали в экструдер и перерабатывали в прутки (стренгу) при температуре на выходе из экструдера 115 °С.

Полученные стренги термопластичных крахмалов дробили на гранулы с помощью автономного гранулятора. Подачу стренг в гранулятор осуществляли вручную. Гранулы термопластичных крахмалов использовали для приготовления полимер-крахмальных композиций. Композиции получали следующим образом: гранулы полиэтилена (ПЭ) и термопластичных крахмалов в необходимом соотношении отмеривали путем взвешивания на технических весах и

механически перемешивали. Затем полученную смесь гранул загружали в бункер экструдера и экструдировали с получением стренг или пленок.

Для получения биоразлагаемых композиций с заданными свойствами проводили поиск лучших вариантов методом планированного эксперимента, позволяющим минимизировать число операций. Для этого выбрали ортогональный центральный композиционный план второго порядка со «звездными плечами», позволяющий при проведении 15 опытов получать достаточно достоверную математическую модель в виде полного линейного уравнения второго порядка с тремя факторами, описывающую соответствующий отклик системы.

Поиск коэффициентов осуществляется для следующего уравнения:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + B_{12}X_1X_2 + B_{13}X_1X_3 + B_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2$$

В качестве факторов были выбраны: X_1 – температура экструзии (в последней зоне цилиндра и формующей головке); X_2 – содержание крахмала в композиции; X_3 – частота вращения шнека.

Предварительно проведены экспериментальные работы, в результате которых были определены допустимые интервалы варьирования факторов. В качестве откликов были выбраны физико-механические характеристики композиций – разрушающее напряжение при растяжении σ и относительное удлинение при разрыве ε . Матрица эксперимента с уровнями варьирования факторов и с указанием их реальных величин представлена в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Матрица планированного эксперимента с реальными значениями факторов

№ опыта	Реальные значения факторов		
	$X_1, ^\circ\text{C}$	$X_2, \%$	$X_3, \text{мин}^{-1}$
1	142,8	45	80
2	145	30	60
3	145	60	60
4	145	30	100
5	145	60	100
6	155	26,85	80
7	155	45	80
8	155	63,15	80
9	155	45	55,8
10	155	45	104,2
11	165	30	60
12	165	60	60
13	165	30	100
14	165	60	100
15	167,2	45	80

Средние значения факторов (уровень 0 в относительных единицах) и шаг их варьирования (1-0 в относительных единицах) приведены ниже:

$$\begin{aligned} X_1(0) &= 155 ^\circ\text{C}; & X_1(1) - X_1(0) &= 10 ^\circ\text{C}; \\ X_2(0) &= 45 \%; & X_2(1) - X_2(0) &= 15 \%; \\ X_3(0) &= 80 \text{ мин}^{-1}; & X_3(1) - X_3(0) &= 20 \text{ мин}^{-1}. \end{aligned}$$

Также был разработан алгоритм расчета коэффициентов уравнений регрессии, описывающих математические модели функций отклика. Расчет коэффициентов сделан в приложении Microsoft Office Excel. В соответствии с данной матрицей были получены 15 образцов в виде стренг-композиций на основе полиэтилена и кукурузного крахмала. Выбор кукурузного крахмала в качестве основного компонента смесей в планированном эксперименте объясняется максимальным выходом его из природного сырья отечественного происхождения и минимальной ценой.

Были определены прочностные и деформационные показатели образцов и рассчитаны коэффициенты уравнений откликов системы. Результаты испытаний (рисунки 1 и 2) и рассчитанные по разработанному алгоритму в приложении Microsoft Office Excel уравнения отклика (1) и (2) приведены ниже:

$$\begin{aligned} X_1(0) &= 155 ^\circ\text{C}; & X_1(1) - X_1(0) &= 10 ^\circ\text{C}; \\ X_2(0) &= 45 \%; & X_2(1) - X_2(0) &= 15 \%; \\ X_3(0) &= 80 \text{ мин}^{-1}; & X_3(1) - X_3(0) &= 20 \text{ мин}^{-1}. \end{aligned}$$

Также был разработан алгоритм расчета коэффициентов уравнений регрессии, описывающих математические модели функций отклика. Расчет коэффициентов сделан в приложении Microsoft Office Excel. В соответствии с данной матрицей были получены 15 образцов в виде стренг-композиций на основе полиэтилена и кукурузного крахмала. Выбор кукурузного крахмала в качестве основного компонента смесей в планированном эксперименте объясняется максимальным выходом его из природного сырья отечественного происхождения и минимальной ценой.

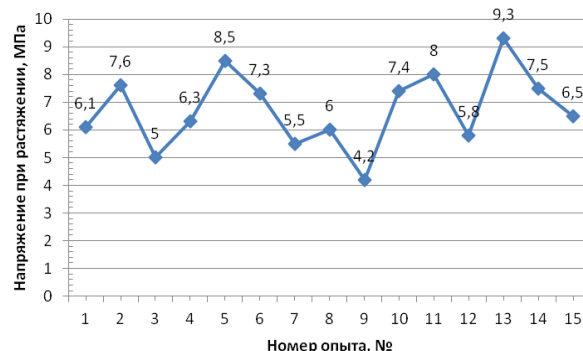


Рисунок 1. Напряжения при растяжении образцов полимерной композиции ПЭ/ТПК

$$\sigma = 5,5 + 0,165X_1 - 0,537X_2 - 1,322X_3 - 0,459X_1X_2 + 2,52X_1X_3 + 1,178X_2X_3 + 0,546X_1^2 + 0,786X_2^2 + 0,205X_3^2 \quad (1)$$

$$\varepsilon = 40 - 4,132X_1 + 4,132X_2 - 0,132X_3 + 49,746X_1X_2 + 32,01X_1X_3 + 37,114X_2X_3 - 3,415X_1^2 + 3,415X_2^2 - 10,216X_3^2 \quad (2)$$

Из анализа уравнений (1) и (2) следует, что повышение температуры переработки композиций в основном приводит к улучшению их прочностных характеристик. На деформационные характеристики температура и содержание крахмала влияют практически в одинаковой степени, но разнонаправленно.

Увеличение частоты вращения шнека при высоких температурах должно снижать прочностные характеристики, а при низких – наоборот, приводить к их возрастанию.

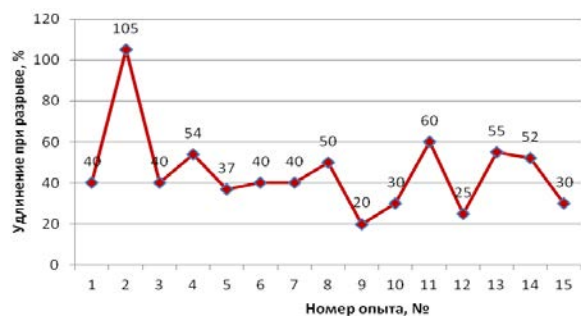


Рисунок 2. Удлинения при разрыве образцов полимерной композиции ПЭ/ТПК

Наилучшие деформационно-прочностные характеристики демонстрируют композиции с относительно низким содержанием крахмала (30 %), что соответствует значению фактора $X_2 = -1$ в относительных единицах. Для оценки уровня достигаемых физико-механических характеристик интерес представляло сравнение этих показателей с импортным биоразлагаемым материалом, предлагаемым на рынке современной упаковки фирмой ТАРРА и позиционируемым ею как 100 % биоразлагаемый материал, изготовленный с использованием кукурузного крахмала. Испытание физико-механических характеристик импортного аналога дало следующие средние значения прочностных и деформационных показателей: разрушающее напряжение при растяжении $\sigma = 14,7$ МПа; относительное удлинение при разрыве $\epsilon = 136,4$ %. Как видно, эти показатели значительно (в 1,5-2 раза) превосходят показатели, достигнутые для композиций полиэтилена и термопластичного крахмала.

Однако информация не будет полной, если не проведен анализ деформационных кривых растяжения, полученных при испытаниях (рисунок 3).

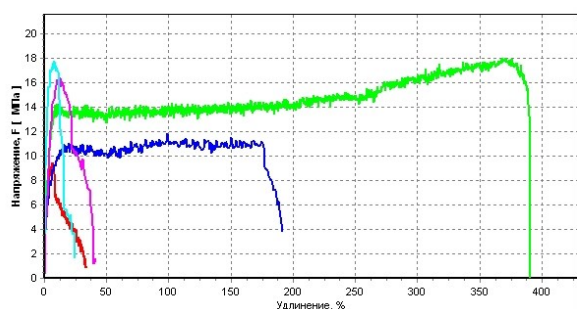


Рисунок 3. Регистрационные кривые растяжения пяти образцов импортного биоразлагаемого материала на основе кукурузного крахмала

Как видно из рисунка 3, кривые растяжения разных образцов из импортного материала сильно различаются как по виду, так и по значениям показателей, особенно относительного удлинения при разрыве. Среднее значение

разрушающего напряжения при растяжении $\sigma = 14,7$ МПа при размахе (разница между максимальной и минимальной величиной) значений 8,5 МПа, то есть 58 % от измеренной величины. Среднее значение относительного удлинения при разрыве $\epsilon = 136,4$ % и размахе 291 % составляет 213 %.

Кривые растяжения разных образцов полученной нами композиции мало различаются как по виду, так и по значениям показателей (рисунок 4).

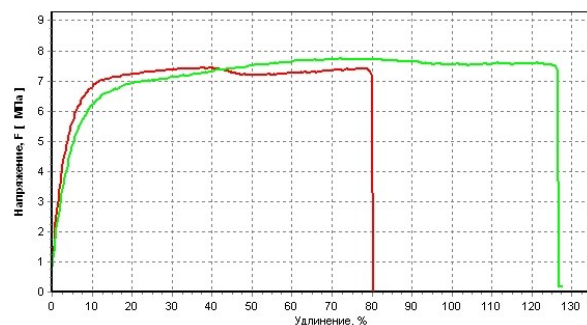


Рисунок 4. Регистрационные кривые растяжения двух образцов полимерной композиции ПЭ/ТПК на основе кукурузного крахмала, полученной по режиму № 2 матрицы планированного эксперимента

Среднее значение разрушающего напряжения при растяжении $\sigma = 7,6$ МПа при размахе значений 0,3 МПа, то есть 4 % от измеренной величины. Среднее значение относительного удлинения при разрыве $\epsilon = 104,3$ % при размахе 46,5 %, то есть 44,2 %.

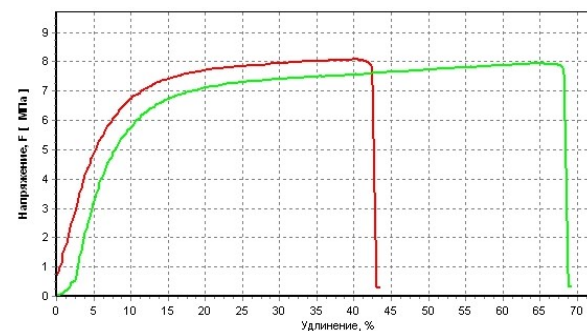


Рисунок 5. Регистрационные кривые растяжения двух образцов полимерной композиции ПЭ/ТПК на основе кукурузного крахмала, полученной по режиму № 11 матрицы планированного эксперимента

Как и на рисунке 4, кривые растяжения образцов на рисунке 5 мало различаются как по виду, так и по значениям показателей. Среднее значение разрушающего напряжения при растяжении $\sigma = 8,0$ МПа при размахе значений 0,14 МПа, то есть 1,8 % от измеренной величины. Среднее значение относительного удлинения при разрыве $\epsilon = 56,3$ % при размахе 25,7 %, то есть 20,8 %.

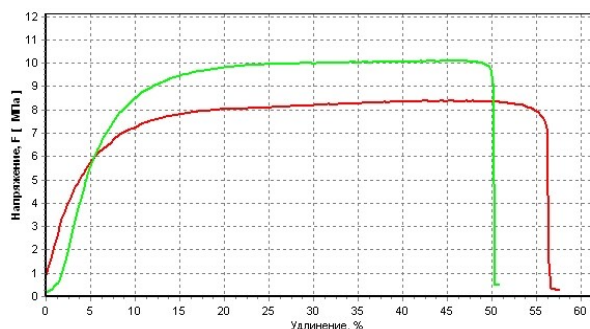


Рисунок 6. Регистрационные кривые растяжения двух образцов полимерной композиции ПЭ/ТПК на основе кукурузного крахмала, полученной по режиму № 13 матрицы планированного эксперимента

На рисунке 6 кривые растяжения образцов мало различаются. Среднее значение разрушающего напряжения при растяжении $\sigma = 9,24$ МПа при размахе значений 1,6 МПа, то есть 18 % от измеренной величины. Среднее значение относительного удлинения при разрыве $\varepsilon = 54,2$ % при размахе 6,7 %, то есть 13,2 %.

Из сравнения различных материалов следует, что импортный материал при высоких средних значениях показателей демонстрирует очень большой разброс их значений от образца к образцу, что свидетельствует о значительной структурной

неоднородности. Следует отметить, что визуально эта неоднородность никак не проявляется.

Выполнена оценка биоразлагаемости образцов плёнки, полученной на основе термопластичного крахмала и полиэтилена. Плёнка, полученная в лабораторных условиях, отличается лучшей биоразлагаемостью, что объясняется способом изготовления и более равномерным распределением крахмала в матрице полимера.

Получены уравнения для определения оптимальных параметров технологии термопластичных крахмалов для биоразрушаемых полимерных изделий.

При проведении сравнительной оценки импортного биоразлагаемого материала фирмы ТАРРА и композиции, содержащей ТПК, выявлено, что разработанная полимерная композиция ПЭ/ТПК на основе кукурузного крахмала имеет более равномерную структуру при разрушающих напряжениях.

Выполнена оптимизация состава термопластичного крахмала, которая является этапом создания математической модели получения биоразрушаемых полимерных изделий. Предложены параметры оптимального состава ТПК, обеспечивающие максимальную прочность образцов при заданном удлинении.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Janssen L., Moscicki L. Thermoplastic Starch. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, 2009.
- 2 Ruiz H.V. et al. Biodegradability of polyethylene starch blends prepared by extrusion and molded by injection: Evaluated by response surface methodology // Starch. 2011. P. 42-51.
- 3 Paull R., Quast L. et al. Production and characterization of oxidized cassava starch (Manihot esculenta Crants) biodegradable films // Starch. 2011. 63. P. 595-603.
- 4 Flores P., Meras F. et al. Effect of dual modification of banana starch and storage time on thermal and crystallinity characteristics of its films // Starch. 2011. P. 550-556.
- 5 Краус С.В., Лукин Н.Д., Иванова Т.В., Сдобникова О.А. Физико-химические свойства полимерных композиций с использованием крахмала // Хранение и переработка сельхозсырья. 2011. № 1. P. 8-11.
- 6 Пат. № 2180670 RU С 20. Биологически разрушаемая термопластичная композиция на основе крахмала / Лукин Н.Д., Краус С.В. и др. Оpubл. 06.01.2000.
- 7 Во Тхи Хоай Тху Модифицированные биоразлагаемые композиционные материалы на основе полиэтилена: автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М., 2009.

REFERENCES

- 1 Janssen L., Moscicki L. Thermoplastic Starch. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH and Co. KGaA, 2009.
- 2 Ruiz H.V. et al. Biodegradability of polyethylene starch blends prepared by extrusion and molded by injection: Evaluated by response surface methodology. Starch, 2011, pp. 42-51.
- 3 Paull R., Quast L. et al. Production and characterization of oxidized cassava starch (Manihot esculenta Crants) biodegradable films. Starch, 2011, 63, pp. 595-603.
- 4 Flores P., Meras F. et al. Effect of dual modification of banana starch and storage time on thermal and crystallinity characteristics of its films. Starch, 2011, pp. 550-556.
- 5 Kraus S.V., Lukin N.D., Ivanova T.V., Sdobnikova O.A. Physicochemical properties of polymer compositions using starch. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage of processing of agricultural raw materials], 2011, no. 1, pp. 8-11. (In Russ.).
- 6 Lukin N.D., Kraus S.V. et al. Biologicheski razrushayemaya termoplastichnaya kompozitsiya na osnove krakhmala [Biologically degradable thermoplastic composition based on starch] Patent RF, no. 2180670, 20 p. (In Russ.).
- 7 Vo Thi Hoai Thu Modifitsirovannye biorazlagaemye kompozitsionnye materialy na osnove polietilena [Modified biodegradable composition materials based on polyethylene. Ph.D. Thesis]. Moscow, 2009. (In Russ.).

УДК 544.421.42

Доцент И.В. Кузнецова, доцент Л.В. Лыгина,

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра неорганической химии и химической технологии.
тел. (473) 255-38-87

E-mail: kuznetsovaiv@mail.ru

доцент Г.А. Нетесова

(Воронеж. гос. аграрный ун-т имени императора Петра I)

E-mail: galanet@mail.ru

Associate professor I.V. Kuznetsova, associate professor L.V. Lygina,
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of inorganic chemistry
and chemical technology.

phone (473) 255-38-87

E-mail: kuznetsovaiv@mail.ru

associate professor G.A. Netesova

(Voronezh state agrarian University named after Emperor Peter Great)

E-mail: galanet@mail.ru

Состояние воды в клетках хлореллы

Water condition in cells of chlorella

Реферат. Для получения информации о соотношении свободной и связанной воды и их взаимного изменения в процессе дегидратации микроводоросли хлорелла был использован метод термогравиметрического анализа. С увеличением скорости нагрева эндотермический эффект, соответствующий процессу дегидратации, смещается в сторону более высоких температур. При скорости 2 К/мин он составляет 308-368 К, 5 К/мин - 323-403 К, 10 К/мин - 348-403 К. Рассчитаны количественные характеристики кинетически неравноценной воды в хлорелле для каждой ступени дегидратации ($\Delta\alpha$, ΔT , массовая доля (w), энергия активации (E_a)). Проведена аналогия с процессом дегидратации в ионообменных мембранах. Выявленные особенности дегидратации хлореллы позволяют делать вывод о существовании влаги в трех состояниях по степени связанности с веществом. Полученные кинетические характеристики дают возможность определить оптимальный температурный интервал и скорость высушивания микроводоросли для использования ее в качестве биодобавки. Кроме того, наличие трёх типов воды в клетке хлореллы установлено по данным метода ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля. Так как именно свободная вода участвует в протекании биохимических, химических и микробиологических процессов, то ее желательно удалить при сушке препарата. Полученный температурный интервал 323-343 К (2 ступень) при скорости нагревания 2 К/мин соответствует температурному интервалу высушивания хлореллы в производственных условиях. Стоит заметить, что в водоросли наибольшее количество сильносвязанной воды (последние ступени). По всей видимости, это определяется уникальной клеточной структурой. Температурные интервалы процесса дегидратации не являются четкими и варьируют в зависимости от скорости нагревания, что находится в полном соответствии с ранее проведенными исследованиями термического анализа для зерна, хлебобулочных изделий и овощей.

Summary. The water condition in cages of the paste of chlorella was investigated by the method of thermogravimetric analysis. With increasing heating rate endothermic effect corresponding to the dehydration process is shifted towards higher temperatures. Temperature intervals of chlorella dehydration are defined at rate of heating 2 K/min - 308-368 K, 5 K/min - 323-403 K, and 10 K/min - 348-403 K. Quantitative characteristics of kinetic unequal water in chlorella have been received for each step ($\Delta\alpha$, ΔT , a mass fraction (w), energy of activation (E_a)). This process is similar to the process of the dehydration in ion exchange membranes. The derived kinetic characteristics give the possibility to define an optimum temperature interval and rate of drying microalgae for the purpose of increase of periods of storage in the form of paste or a solid substance for the further use as the bioadditive. In addition the presence of three types of water chlorella in a cell set according to NMR with pulsed magnetic field gradient. Since free water is involved in biochemical, chemical and microbiological processes, it is desirable to remove during drying of the preparation. The resulting temperature range of 323-343 K (step 2) at a heating rate of 2 K / min corresponds to a temperature range of drying the chlorella in a production environment. It should be noted that the highest number of algae in a tightly-water (the last stage). Apparently, this is determined by a unique cell structure. Temperature ranges dehydration process are not clear and vary depending on the heating rate, which is fully in line with previous studies of thermal analysis for grains, vegetables and bakery products.

Ключевые слова: термогравиметрический анализ, хлорелла, состояние воды

Keywords: thermogravimetric analysis, chlorella, water condition

Вода – важная составляющая пищевых продуктов. Она присутствует в разнообразных растительных и животных объектах как клеточный и внеклеточный компонент, как диспергирующая среда и растворитель, обуславливая их консистенцию и структуру и

влияя на внешний вид, вкус и устойчивость продукта при хранении. Исследования состояния воды в углеводах [1] показали существование трёх структур воды: 1) вода, входящая в первый гидратационный слой, имеет менее сильные водородные связи, чем чистая вода;

© Кузнецова И.В., Лыгина Л.В., Нетесова Г.А., 2015

2) вода, формирующая второй гидратационный слой, структура которой подобна несколько разупорядоченной структуре жидкой воды; 3) вода, имеющая обычную структуру. Изучение полимерных мембран также подтвердило существование в них трёх типов воды: 1) вода, образующая первый гидратационный слой; 2) вода, входящая во вторичную гидратную сферу, с несколько нарушенной структурой водородных связей, характерной для жидкой воды; 3) псевдожидкая вода. Для осуществления переноса веществ в мембранах необходимо присутствие второго и третьего типов воды. Первые порции воды, проникающие в мембрану, образуют первичные гидратные слои (связанная вода) [2]. Вода, поглощенная мембраной после заполнения гидратных слоев, считается свободной. Все высокомолекулярные соединения в зависимости от количества сорбируемой воды и природы взаимодействия с нею делятся на три основные группы: гидрофобные, умеренно гидрофильные и гидрофильные [3, 4]. Содержание сорбированной воды связано с количеством свободной воды, т. е. воды, растворенной в полимере, свободно мигрирующей по его объёму и осуществляющей динамический обмен между ассоциативными структурами. К гидрофобным относятся полимеры, содержание воды в которых при нормальных условиях и 100 % влажности составляет ~1 % (полиолефины, фторсодержащие полимеры, полиорганосилоксаны и др.). К умеренно гидрофильным относятся целлюлоза и её производные, полиамиды и др., которые при 25 °С ограниченно совмещаются с водой (до 10 % воды).

Гидрофильные полимеры содержат более 10 % воды (белки, поливиниловый спирт, синтетические полиэлектролиты и др.) [1, 3 - 5].

В обеспечении устойчивости при хранении продуктов важную роль играет соотношение свободной и связанной воды. Связанная вода – это ассоциаты, прочно связанные с белками, липидами, углеводами вследствие межмолекулярных взаимодействий. Свободная вода не связана с полимером и доступна только для протекания биохимических и микробиологических реакций. Представляет интерес исследовать состояние воды в биологическом объекте. Авторы [6] исследовали состояние воды в микроводоросле хлорелле методом ЯМР (ядерно-магнитного резонанса) с импульсным градиентом магнитного поля; было определено, что вода существует в трех формах: свободная, внутриклеточная и внеклеточная, рассчитаны коэффициенты самодиффузии.

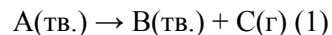
Для получения информации о соотношении свободной и связанной воды и их взаим-

ного изменения в процессе дегидратации различных продуктов питания нами был использован метод термического анализа. Объектом исследования были образцы пасты микроводоросли хлореллы НПО "Агропищепром", вырабатываемые с использованием штаммов *Chlorella vulgaris*.

Хлорелла была открыта и классифицирована в 1890 г. датским ученым М.У. Бейжерником, она относится к классу одноклеточных пресноводных зеленых водорослей. В медицинской практике было отмечено, что эта микроскопическая водоросль, богатая хлорофиллом, является эффективным средством в борьбе с малокровием, благодаря не только высокому содержанию витамина В₁₂, фолиевой кислоты, железа и аминокислот, но, возможно, и тому, что в присутствии железа хлорофилл, попадая в кровоток, насыщает кровь кислородом и преобразуется в гемоглобин. По своей питательной ценности водоросль не уступает мясу и значительно превосходит пшеницу. В последнее время налажен выпуск пищевой продукции для на основе хлореллы для добавления в корм животных в виде суспензии, пасты, порошка, таблеток.

Нагрев образцов пасты хлореллы массой 14 мг осуществляли в комплексном анализаторе TGA-DSC фирмы МЕТТЛЕР ТОЛЕДО со скоростями нагревания 2, 5, 10 К/мин. Как видно из рисунка 1, эндотермический эффект, соответствующий процессу дегидратации, смещается в сторону более высоких температур с увеличением скорости нагрева. При скорости 2 К/мин он составляет 308-368 К, 5 К/мин - 323-403 К, 10 К/мин - 348-403 К. Это необходимо учитывать при высушивании вещества в производственных условиях.

Для получения информации о механизме процесса дегидратации мы использовали представления о кинетике в твердофазных системах. Реакция дегидратации микроводоросли относится к процессам типа:



и протекает ступенчато. Скорость процесса зависит от температуры и степени превращения:

$$\frac{d\alpha}{d\tau} = w(T)f(\alpha), \quad (2)$$

где $w(T)$ - скорость процесса, α - степень превращения, τ - время превращения. Скорость процесса можно также выразить через уравнение Аррениуса:

$$w(T) = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right), \quad (3)$$

где A - предэкспоненциальный множитель, E_a - энергия активации.

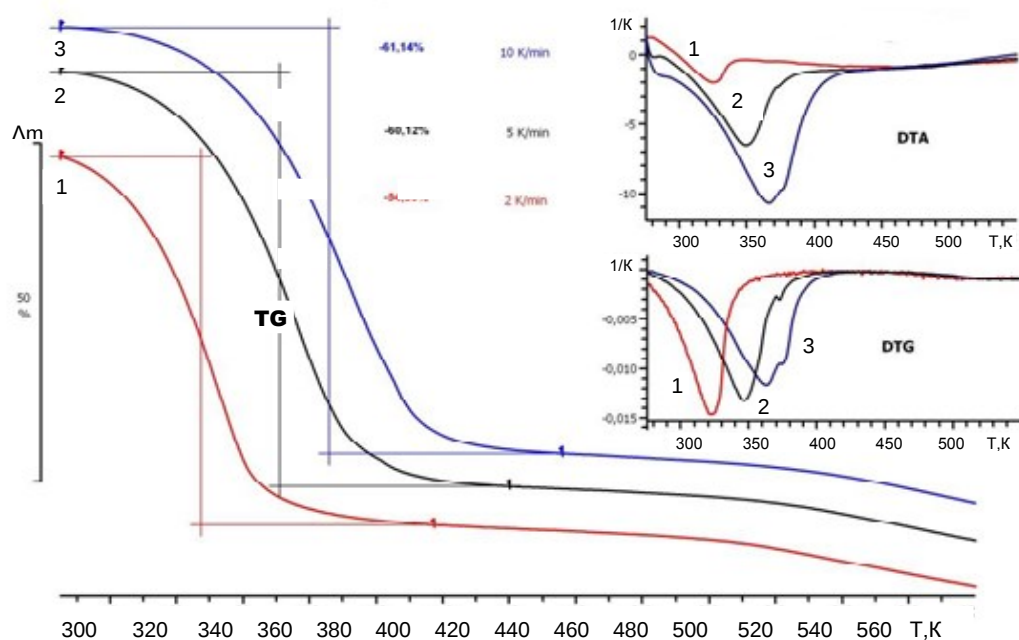


Рисунок 1 Термоаналитические кривые, полученные для образцов хлореллы при нагревании с различными скоростями: 1 - 2 К/мин; 2 - 5 К/мин; 3 - 10 К/мин.

После расчёта степени превращения α , полученные данные обрабатывали в координатах – $\lg(1 - \alpha) - 1/T$ и строили график, выделяя на нем линейные участки. По массе растворителя определяли его количество, выделяющееся на каждой ступени дегидратации, а по наклону – энергии активации процесса. Использованный прием

позволил выделить различное количество линейных участков десорбции воды (рисунок 2). В таблице 1 приведены количественные характеристики кинетически неравноценной воды в хлорелле для каждой ступени дегидратации ($\Delta\alpha$, ΔT , массовая доля (w), энергия активации (E_a)).

Т а б л и ц а 1

Количественные характеристики кинетически неравноценной воды в хлорелле

Ступень дегидратации	ΔT , К	$\Delta\alpha$	w , %	E_a , кДж/моль
Скорость нагревания 2 К/мин.				
1	308-318	0,0-0,11	10,4	5,3
2	323-343	0,11-0,54	43,2	30,0
3	348-368	0,54-0,94	46,4	91,6
Скорость нагревания 5 К/мин.				
1	323-358	0,07-0,3	30,7	9,5
2	358-403	0,3-0,97	69,3	86,4
Скорость нагревания 10 К/мин.				
1	348-378	0,09-0,45	44,7	18,7
2	383-403	0,45-0,98	55,3	104,8

При скорости нагрева 2 К/мин получены три, а при более высоких скоростях только две ступени дегидратации. С увеличением скорости нагрева свободная вода удаляется очень быстро, что не позволяет зафиксировать изменение массы образца. Аналогичные явления наблюдаются для синтетических полимеров. Относительно низкое значение E_a на первой ступени дегидратации при скорости нагрева 2 К/мин указывает на то, что молекулы воды слабее связаны с веществом и

находятся в межпоровом пространстве (разупорядоченная вода). Полученные значения энергии активации по второй ступени для скорости нагревания 2 К/мин и первой ступени для 5 К/мин и 10 К/мин позволяют предположить, что в этих температурных интервалах разрываются водородные связи вода-вода и удаляется среднесвязанная вода. На третьей ступени происходит разрыв более прочных связей, удаляется сильносвязанная (гидрат-

ная) вода. Аналогичные результаты при скорости нагревания 3 К/мин были получены для ряда ионообменных мембран: МК-100 с полиэтилен-стирол-дивинилбензольной матрицей, ПАК мембраны на основе частично имидизированной ароматической полиамидокислоты, ПА мембраны, полученной поликонденсацией

натриевой соли 4,4'-диаминодифениламин-2-сульфокислоты и μ -фенилендиамин в различном их соотношении с хлорангидридом изофталевой кислоты, а также поли- μ -фениленизофталамид (фенилон). В таблице 2 представлены количественные характеристики процесса дегидратации мембран.

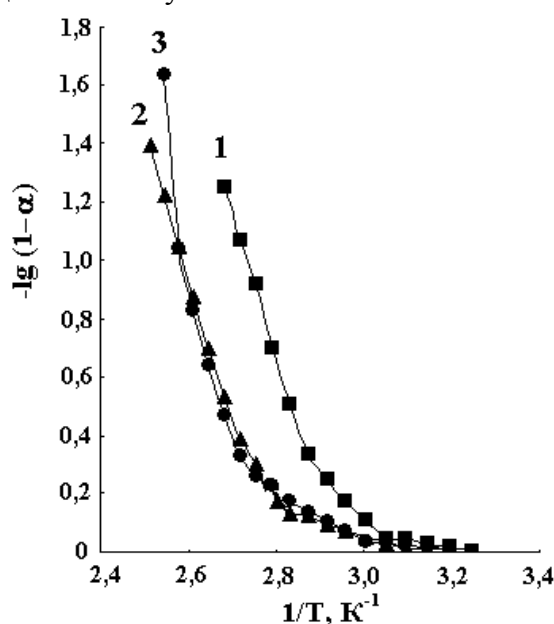
Т а б л и ц а 2

Количественные характеристики кинетически неравновесной воды в ионообменных мембранах

Мембрана, ионная форма	Распределение сорбатов по ступеням дегидратации, моль сорбата/моль	Еа, кДж/моль
МК-100, H ⁺	2,4	5,6
	4,9	23,2
	8,8	129,8
ПАК, H ⁺	0,7	3,4
	1,4	17,2
	3,5	80,7
ПА-55, H ⁺	1,1	3,1
	3,1	15,1
	6,1	65,6
фенилон	0,5	4,6
	2,5	54,9

Кроме того, наличие трёх типов воды в клетке хлореллы установлено по данным метода ЯМР с импульсным градиентом магнитного поля [6]. Так как именно свободная вода участвует в протекании биохимических, химических и микробиологических процессов, то ее желательно удалить при сушке препарата. Полученный температурный интервал 323-343 К (2 ступень) при скорости нагревания 2К/мин соответствует температурному интервалу высушивания хлореллы в производственных условиях.

Стоит заметить, что в водоросли наибольшее количество сильносвязанной воды (последние ступени, таблица 1). По всей видимости, это определяется уникальной клеточной структурой. Температурные интервалы процесса дегидратации не являются четкими и варьируют в зависимости от скорости нагревания, что находится в полном соответствии с ранее проведенными исследованиями термического анализа для зерна, хлебобулочных изделий и овощей.

Рисунок 2 Зависимость $-\lg(1-\alpha)$ от $1/T$ для микроводоросли хлорелла:

- - скорость нагревания 10 К/мин
- - скорость нагревания 2 К/мин
- ▲ - скорость нагревания 5 К/мин
- 1 – скорость нагревания 2 К/мин
- 2 – скорость нагревания 5 К/мин
- 3 - скорость нагревания 10 К/мин

Выводы

1. При исследовании дегидратации хлореллы методом термического анализа выявлено наличие трёх типов воды по степени связанности при низкой скорости нагрева и двух типов – при высоких.

ЛИТЕРАТУРА

1 Knapen E., Cizer O., Van Valen K., Van Gemert D. Effect of free water from early-age hydrate cement pastes on thermal analysis // *J. Construction and Building Materials*. 2009. № 23. P. 3431-3438.

2 Бойко Б.Н., Колпаков И.М., Уминский А.А. Метод количественного определения содержания различных форм воды в биологически активных субстанциях // *Химико-фармацевтический журнал*. 2010. Т. 44. № 10. С. 46-52.

3 Osorio C., Carriazo J. G., Barbosa H. Thermal and structural study of guava (*Psidium Guajava* L) powders obtained by two dehydration methods // *Química Nova*. 2011. V. 34. № 4. P. 636–640.

4 Maggio R. M., Cerretani L., Barnaba C., Chiavaro E. Application of differential scanning calorimetry-chemometric coupled procedure to the evaluation of thermo-oxidation on extra virgin olive oil // *Food Biophysics*. 2012. V. 7. № 2. P. 114–123.

5 Wahyudiono M., Sasaki M., Goto M. Thermal decomposition of guaiacol in sub-and supercritical water and its kinetic analysis // *J. Mater. Cycles Waste Manag.* 2011. V. 13. № 1. P. 68 – 79.

6 Athmaselvi K. A., Kumar C., Balasubramanian M., Roy Ishita Thermal, Structural, and Physical Properties of Freeze Dried Tropical Fruit Powder // *Journal of Food Processing*. V. 2014, 10 p.

2. Определены температурные интервалы дегидратации образцов хлореллы, составляющие при скорости нагрева 2 К/мин 308-368 К, 5 К/мин - 323-403 К, 10 К/мин - 348-403 К. Полученные результаты могут быть положены в основу технологии высушивания хлореллы для использования в качестве биодобавки.

REFERENCES

1 Knapen E., Cizer O., Van Valen K., Van Gemert D. Effect of free water from early-age hydrate cement pastes on thermal analysis. *J. Construction and Building Materials*, 2009, no. 23, pp. 3431-3438.

2 Boiko B.N., Kolpakov I.M., Uminskii A.A. The method of quantitative determination of the different forms of water in biologically active substances. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*. [Pharmaceutical Chemistry Journal], 2010, vol. 44, no. 10, pp. 46-52. (In Russ.).

3 Osorio C., Carriazo J. G., Barbosa H. Thermal and structural study of guava (*Psidium Guajava* L) powders obtained by two dehydration methods. *Química Nova*, 2011, vol. 34, no. 4, pp. 636–640.

4 Maggio R. M., Cerretani L., Barnaba C., Chiavaro E. Application of differential scanning calorimetry-chemometric coupled procedure to the evaluation of thermo-oxidation on extra virgin olive oil. *Food Biophysics*, 2012, vol. 7, no. 2, pp. 114–123.

5 Wahyudiono M., Sasaki M., Goto M. Thermal decomposition of guaiacol in sub-and supercritical water and its kinetic analysis. *J. Mater. Cycles Waste Manag.*, 2011, vol. 13, no. 1, pp. 68 – 79.

6 Athmaselvi K. A., Kumar C., Balasubramanian M., Roy Ishita Thermal, Structural, and Physical Properties of Freeze Dried Tropical Fruit Powder. *Journal of Food Processing*, 2014, 10 p. Available at: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/524705> (Accessed 25 November 2015).

Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов

УДК 664

Соискатель О.В. Костыря, профессор О.С. Корнеева
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра биохимии и биотехнологии.
тел. (473) 255-55-57
E-mail: korneeva-olgas@yandex.ru

Applicant O.V. Kostyria, professor O.S. Korneeva
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of biochemistry and
biotechnology.
phone (473) 255-55-57
E-mail: korneeva-olgas@yandex.ru

О перспективах применения дигидрокверцетина при производстве продуктов с пролонгированным сроком годности

Application of dihydroquercetin in the production of products with prolonged shelf life

Реферат. В статье представлен материал, подтверждающий перспективу применения дигидрокверцетина для производства пищевых продуктов с пролонгированным сроком годности. Дигидрокверцетин – биофлавоноид природного происхождения, который имеет самую высокую антиоксидантную активность по сравнению со всеми известными экзогенными антиоксидантами, в том числе витаминами Е, А, В, С, Д, К, бета-каротином. Данное соединение включено в список пищевых добавок, не оказывающих вредного воздействия на здоровье человека при использовании для приготовления пищевых продуктов. Дигидрокверцетин нетоксичен, физиологически безвреден для здоровья человека, не придает продуктам посторонних привкусов и запахов, не изменяет их цвет при его использовании. Добавка устойчива по отношению к температурным (от (-50) до (+180) °С), механическим воздействиям, и процессам, имеющим место при изготовлении продуктов, то есть отвечает всем требованиям, предъявляемым в целом ко всем пищевым добавкам, и в частности, к антиоксидантам. Дигидрокверцетин обладает бактерицидными свойствами по отношению к некоторым видам бактерий, и оказывает положительное воздействие на развитие и рост молочнокислой микрофлоры. Биофлавоноид не синтезируется в организме человека, поэтому необходимо употреблять продукты, в которых он содержится. Кроме того, использование дигидрокверцетина позволит выпускать продукты питания лечебно-оздоровительной направленности, поскольку положительное влияние биофлавоноида на здоровье человека было доказано благодаря многолетним экспериментальным и клиническим исследованиям медицинских учреждений России.

Summary. The article describes the use for the production of food products with prolonged shelf-life food additives - dihydroquercetin. Dihydroquercetin is a bioflavonoid natural origin, which has the highest antioxidant activity compared with all known exogenous antioxidants, including vitamins E, A, B, C, D, K, beta-carotene. This connection is included in the list of food additives, do not have harmful effects on health when used for cooking food. Dihydroquercetin is non-toxic, physiologically harmless to human health, not give them a foreign tastes and odors, does not change their color when using it. Additive stable with respect to temperature (from minus 50 to plus 180°С), mechanical stress, and the processes taking place in the manufacture of products, i.e., meets all the requirements applicable generally to all food additives, and in particular, to the antioxidants. Dihydroquercetin has antibacterial properties against some types of bacteria, and has a positive impact on the development and growth of the lactic microflora. Bioflavonoid is not synthesized in the human body, so you need to eat foods in which it is contained. In addition, the use of dihydroquercetin will produce food therapeutic orientation that the positive effect of bioflavonoids on human health has been proven through years of experimental and clinical research medical institutions of Russia.

Ключевые слова: дигидрокверцетин, пищевая добавка, бактерицидные свойства, пролонгированный срок годности, антиоксидант природного происхождения.

Keywords: dihydroquercetin, food additive, antibacterial properties, extended shelf life, the antioxidant of natural origin.

В настоящее время в пищевой промышленности актуально создание и производство продукции функциональной направленности с пролонгированным сроком годности. Использование данных продуктов позволяет стабилизировать обмен веществ в организме и улучшить состояние здоровья человека. Это важный аспект для потребителя, а производитель

получает возможность вырабатывать продукцию гарантированного качества с учетом непредвиденных ситуаций, связанных с отклонением температурных режимов хранения, транспортировки и реализации.

Как известно, пищевые продукты подвержены не только скорой микробиологической порче, в борьбе с которой помогают консерванты, но и окислительной. Окислительные процессы снижают срок годности готовой продукции за счет ухудшения органолептических показателей (изменение внешнего вида, запаха, вкуса продукта) и пищевой ценности продуктов. Употребление в пищу продуктов, содержащих окислившиеся жиры и продукты их метаболизма, крайне опасно, поскольку радикалы, содержащиеся в окисленной фазе жира, способствуют развитию цепной реакции окисления в клетках организма, а вторичные метаболиты окисления жиров (малоновый диальдегид, кетоны) могут привести к развитию ожирения и заболеваний печени и сердца. Поэтому используемые для сдерживания окислительных процессов в пищевых продуктах, особенно с высоким содержанием жира, различные антиокислители и антиоксиданты прерывают реакцию самоокисления, которая происходит в результате контакта питательных веществ с кислородом воздуха. Однако большинство современных антиокислителей синтетического происхождения, их действие на организм человека изучено недостаточно и приводит к неоднозначным последствиям, а так же применение их нецелесообразно, поскольку организм имеет свою антиоксидантную систему. В организме антиоксидантную функцию выполняют ферменты (каталаза, супероксиддисмутаза, пероксидаза, глутатионпероксидаза, убихинон), альбумин и ряд других белков, в том числе серосодержащие и селеносодержащие, липопротеиды высокой плотности, стероидные гормоны, билирубин, мочевая кислота. Этим веществам помогают экзогенные антиоксиданты - витамины, которые поступают в организм с пищей. Поэтому один из современных трендов в области производства пищевых продуктов здорового питания – ориентация на применение натуральных пищевых добавок, которые способны оказать выраженное позитивное воздействие на организм человека. В этой связи заслуживают внимания безопасные натуральные антиоксиданты-антиокислители, которые не только значительно тормозят окисление в пищевых продуктах в процессе хранения, но и одновременно служат действующим началом продуктов лечебно-профилактического назначения, что делает актуальным их применение в рецептурах широкого спектра продуктов.

Одним из самых активных антиоксидантов природного происхождения, применяемых при производстве пищевых продуктов, признан дигидрокверцетин – природное соединение, выделенное из древесины сибирской лиственницы. Международное название «Дигидрокверцетин» (Dihydroquercetin). В Европе он известен как «Таксифолин» (Taxifolin) (рисунок 1).

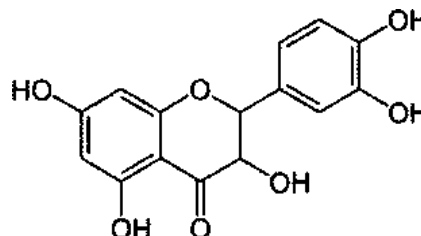


Рисунок 1. Химическая формула $C_{15}H_{12}O_7$.

Дигидрокверцетин обладает самой высокой антиоксидантной активностью. Антиоксидантная активность - показатель, отражающий способность инактивировать свободные радикалы кислорода. Антиоксидантная активность дигидрокверцетина проявляется при его концентрациях 10^{-4} - 10^{-5} . Это минимальная концентрация вещества с антиоксидантной активностью по сравнению со всеми известными экзогенными антиоксидантами, в том числе витаминами E, A, B, C, D, K, бета-каротином. Тем не менее, применение природных антиоксидантов при производстве пищевых продуктов, обусловлено возникновением определенных сложностей на этапах технологического процесса. Витамины-антиоксиданты природного происхождения легко теряют свою активность, а так же разрушается их структура под воздействием следующих факторов: соприкосновение с металлической поверхностью, воздействие открытых солнечных лучей и кислорода воздуха, высокотемпературная обработка (исключением являются витамины A, E, K и каротиноиды).

Исследованиями, проведенными в Московской Медицинской Академии им. И.М.Сеченова подтверждено, что дигидрокверцетин нетоксичен, физиологически безвреден для здоровья человека, не придает продуктам посторонних привкусов и запахов, не изменяет их цвет при его использовании. Добавка устойчива по отношению к температурным (от минус 50 до плюс 180 °C), механическим воздействиям, и процессам, имеющим место при изготовлении продуктов, то есть отвечает всем требованиям, предъявляемым в целом ко всем пищевым добавкам, и в частности, к антиоксидантам. Данное соединение включено в список пищевых добавок,

не оказывающих вредного воздействия на здоровье человека при использовании для приготовления пищевых продуктов (СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования к безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов»).

В 2008-2009 годах две независимые лаборатории Advanced Botanical Consulting&Testing, Inc. и Brunswick Laboratories выполнили тестирование дигидрокверцетина, производимого в России. Результаты исследования показали, что дигидрокверцетин обладает очень высокой антиоксидантной активностью и превосходит многие известные антиоксиданты (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Сравнительная антиоксидантная активность дигидрокверцетина и других антиоксидантов

Наименование антиоксиданта	АОА (Ед/г)
Дигидрокверцетин 95% чистоты	32,744
Дигидрокверцетин 94% чистоты	21,940
Дигидрокверцетин 92-93 % чистоты	19,925
Дигидрокверцетин 88-90% чистоты	15,155
Лютеолин	12,500
Кверцетин	10,900
Эпикатехин	8,100
Витамин С	2,100
Витамин Е	1,300

Примечание: Данные предоставлены Brunswick Laboratories(США)

Институтом ВНИМИ проведены исследования свойств дигидрокверцетина по следующим показателям:

- изучение свойств, подтверждающих бактерицидные свойства дигидрокверцетина;
- влияние дигидрокверцетина на рост и развитие молочнокислой микрофлоры.

В первом случае микрофлорой в качестве объектов были представлены нежелательные липолитические микроорганизмы и, кроме того, *Listeria monocytogenes* (грамположительная палочковидная патогенная бактерия), поскольку она патогенна для человека и может вызывать отравление пищевым путем. При исследовании применяли пищевую добавку дигидрокверцетин, который сертифицирован под товарным знаком «Флукол-Д» (ТУ 9199-001-70205175-04), (изготовитель ООО НЦПИ «Биотехпром»). Исследуемым продуктом были стерилизованные сливки с массовой долей жира 10 %. В стерилизованных сливках максимальный уровень вносимого дигидрокверцетина составляет 200 мг/кг на жир продукта (согласно СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования к безопасности и

пищевой ценности пищевых продуктов»). Результаты исследования показали, что дигидрокверцетин обладает выборочным бактерицидным действием к некоторым видам патогенной, условно-патогенной и нежелательной микрофлоры (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Бактерицидные эффект действия дигидрокверцетина по отношению к некоторым видам бактерий

Микроорганизмы	Средний процент гибели клеток
<i>E. coli</i>	11,8
<i>Salmonella</i>	нет гибели
<i>S. aureus</i>	91
<i>L. monocytogenes</i>	30

Некоторый бактерицидный эффект дигидрокверцетина можно рассматривать как положительное дополнительное воздействие его при использовании в производстве пищевых продуктов в качестве антиокислителя.

Во втором случае при проведении исследований институтом ВНИМИ были использованы промышленные штаммы молочнокислых микроорганизмов. Объектами исследований были представлены следующие культуры: 1- болгарская палочка; 2- термофильные молочнокислые стрептококки; 3- их сочетание в соотношении 1:4-закваска для йогурта. Согласно проведенных разработок, было установлено, что в опытных образцах с дигидрокверцетином в процессе хранения:

- кислотообразование происходило медленнее, и к концу эксперимента кислотность продуктов была на 5-15 % ниже, чем в контрольных образцах;
- морфологических изменений строения клеток молочнокислых бактерий не наблюдалось;
- наблюдалась некоторая стабильность количества выживших клеток и количество соответствовало требованиям ГОСТ Р 51331-99 (концентрация живых молочнокислых микроорганизмов в продуктах на конец срока годности должна составлять не менее чем 10^7 КОЕ в 1 г продукта), в то время как в контрольных образцах показатель жизнеспособности клеток был более низким.

Результаты исследования показали, что при добавлении дигидрокверцетина в количестве 0,02 % к массе жира при изготовлении кисломолочных продуктов оказывает положительное влияние на рост и развитие молочнокислых микроорганизмов.

Кроме того, использование дигидрокверцетина позволит выпускать продукты пи-

тания лечебно-оздоровительной направленности. Положительное влияние биофлавоноида на здоровье человека было открыто еще в 1950 г.. Многолетние экспериментальные и клинические исследования дигидрокверцетина, проводившиеся в НИИ Фармакологии, Московском Государственном Медицинском Университете им. И.М. Сеченова, Сибирском государственном университете, Институте Микрохирургии глаза, Институте хирургии им. Вишневского, Российском Онкологическом Научном Центре им. Блохина, выявили его следующие фармакологические свойства:

- высокую антиоксидантную способность;
- замедление процесса старения организма благодаря оптимизации периферического кровообращения и защиты мембран клеток от разрушения;
- улучшение функционального состояния сердечно-сосудистой системы;
- оптимизацию липидного обмена и липидного профиля крови, препятствие развитию атеросклероза;
- снижение риска прогрессирования диабетических, сосудистых осложнений;
- улучшение кровотока в церебральных сосудах и обменных процессов в клетках головного мозга и периферической нервной системы;
- восстановление микроциркуляции в период реабилитации, после перенесенных инсульта или инфаркта;
- улучшение функции зрительного аппарата при воспалительных, склеротических, дистрофических заболеваниях глаз, повышение остроты зрения, ускорение рассасывания кровоизлияний сетчатки;
- иммуномодулирующую активность, эффективность при аллергических и иммунодефицитных состояниях;
- природный антибиотик с выраженными бактерицидными и противогрибковыми свойствами;
- торможение деления опухолевых клеток, путем активации апоптоза (разрушения), при этом сохраняется пул нормальных клеток;
- выраженный омолаживающий эффект, стимуляция регенерации кожи, в том числе синтез коллагена и эластина;
- способность к повышению резистентности организма к физическим и психическим нагрузкам;
- естественный гастропротектор и гепатопротектор;
- уменьшение неблагоприятного воздействия на организм химио- и антибиотикотерапии;

- предохранение организма от вредного воздействия ионизирующего излучения, и выведение из организма радионуклидов.

Согласно МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации» в разделе 4.3.4 «Биофлавоноиды» записано: «Регулярное потребление этих соединений приводит к достоверному снижению риска развития сердечно-сосудистых заболеваний. Высокая биологическая активность биофлавоноидов обусловлена наличием антиоксидантных свойств. Установлена также важная роль биофлавоноидов в регуляции активности ферментов метаболизма ксенобиотиков». Рекомендуемые уровни потребления: для взрослых – 250 мг/сутки (в том числе катехинов – 100 мг), для детей 7-18 лет от 150 до 250 мг/сутки (в том числе катехинов от 50 до 100 мг/сутки) (вводятся впервые)». При недостатке антиоксидантов природного происхождения в организме человека образуются свободные радикалы, которые нестабильны и очень легко вступают в химические реакции окисления, приводящие к повреждению молекул, мембран внутриклеточных и клеточных структур, в последующем тканей и органов. При этом в клетке в большом количестве образуются продукты метаболизма, проявляющие токсические свойства. Активация перекисного окисления способствует повреждению сердечно-сосудистой, нервной, иммунной систем, ведет к преждевременному старению. Присутствие свободных радикалов способствует развитию таких болезней как: атеросклероз, ишемическая болезнь сердца и ее осложнений (инфаркт миокарда), гипертоническая болезнь, инсульт, диабет, онкологические заболевания, заболевания кожи, соединительной и нервной ткани, и ряда других патологий. В настоящее время эти болезни принято объединять термином «свободно-радикальные болезни». Биофлавоноиды не синтезируются в организме человека, поэтому необходимо употреблять продукты, в которых они содержатся.

Таким образом, учитывая полученные данные, можно сделать вывод, что применение дигидрокверцетина в качестве пищевой добавки при производстве пищевых продуктов будет способствовать:

- производству продуктов с пролонгированным сроком годности;
- повышению антиоксидантной активности человека;
- расширению ассортимента продуктов питания лечебно-оздоровительной направленности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Пат. № 2386624, RU, C2. Способ получения дигидрокверцетина из отходов лесозаготовки и лесопереработки лиственницы / Кершенгольц Б.И., Шашурин М.М., Хлебный Е.С., Шеин А.А., Журавская А.Н., Ломовский О.И., Жуков М.А. № 2007142814/13; Заявл. 2007142814/13; Оpubл.20.04.2010.

2 Пат. № 2305939, RU, C1. Способ получения биологически активного препарата из древесины лиственницы / Чекуров В.И., Хан В.А., Козлов В.Е. № 2005141744/15, Заявл. 2005141744/15; Оpubл.20.09.2007.

3 Пат. №2180566, RU, C1.Способ выделения дигидрокверцетина / Нифантьев Э.Е., Коротеев М.П., Казиев Г.З., Уминский А.А. № 2001101592/14, Заявл. 2001101592/14; Оpubл.20.03.2002.

4 Пат.№2038094, RU, C1, A61K35/78, C07D311/321. Способ получения дигидрокверцетина / Тюкавкина Н.А., Наумов В.В., Колесник Ю.А., Руленко И.А., Ручкин В.Е., Гаврилова Т.Ф., Наумов О.В. № 94002793/14; Заявл. 94002793/14, Оpubл. 27.06.1995.

5 Пат. № 2544375, RU, C1. Состав антиоксидантной композиции для улучшения качества питьевой воды / Воронова О.А., Короткова Е.И., Дорожко Е.В., Петрова Е.В., Булычева Е.В., Плотников Е.В. №2013145860/13, Заявл. 2013145860/13, Оpubл.20.03.2015.

6 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1293-03 (с изменениями на 23 декабря 2010г.) «Гигиенические требования по применению пищевых добавок». СанПиН 2.3.2.1293-03

7 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».

8 ГОСТ Р 52499-2005 Добавки пищевые. Термины и определения. Утвержден и введен в действие 30.12.2005. №539 -ст. Межгосударственный стандарт. М.: ИПК изд-во стандартов «Стандартинформ», 2006. 6 с.

9 Блинова Т.Е., Радаева И.А., Здоровцова А.Н. Бактерицидные свойства дигидрокверцетина // Молочная промышленность. 2008. №4. С. 60-62.

10 Блинова Т.Е., Радаева И.А., Здоровцова А.Н. Влияние дигидрокверцетина на молочнокислые бактерии дигидрокверцетина // Молочная промышленность. 2008. №5. С. 57-58.

11 Погосян Д.Г. Молочные продукты с пролонгированным сроком годности // Молочная промышленность. 2014. №3. С. 60-61.

12 Токаев Э.С., Манукьян Г.Г. Сравнительная характеристика антиоксидантной активности растительных экстрактов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. №9.

13 Манукьян Г.Г. Роль антиоксидантов в спортивном питании // «Живые системы и биологическая безопасность населения»: материалы VI международной научной конференции студентов и молодых ученых. М., 2007. С.110-112.

14 Белая О.Л., Байдер Л.М., Куроптева З.В., Артамошина Н.Е. Антиоксидантные свойства биофлавоноида диквертина // Сборник материалов конгресса XVI российский национальный конгресс «Человек и лекарство» М., 2009. С. 37.

15 Леонтьева Н.В. Витамины на страже здоровья: Учебное пособие. СПб., 2013. 27 с.

16 ГОСТ Р 51331-99 Продукты молочные. Йогурты. Общие технические условия. Утвержден и введен действие Постановлением Госстандарта России 19.10.99. №355-ст.

17 МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации.

REFERENCES

1 Kershengolts B.I., Shashurin M.M., Klebnyi E.S., Shein A.A. et al. Sposob polucheniya digidrokvetsitina [A method for producing dihydroquercetin from the waste timber and forest of larch] Patent RF, no. 2386624, 2010. (In Russ.).

2 Chekurov V.I., Khan V.A., Kozlov V.E. Sposob polucheniya biologicheskii aktivnogo preparata [A method of producing biologically active preparation of larch wood] Patent RF, no. 2305939, 2007. (In Russ.).

3 Koroteev M.P., Kaziev G.Z., Uminsky A.A., Nifant'ev E.E. Sposob vydeleniya digidrokvetsitina [Method allocation dihydroquercetin] Patent RF, no. 2180566, 2002.

4 Tyukavkina N.A., Naumov V.V., Kolesnik Yu.A., Rulenko I.A. et al. Sposob polusheniya digidrokvetsitina [A method for producing dihydroquercetin]. Patent RF, no. 2038094, 1995. (In Russ.).

5 Voronova O.A., Korotkova E.I., Dorozhko E.V., Petrova E.V. Sostav antioksidantnoi kompozitsii [The composition of antioxidant compositions to improve the quality of drinking water]. Patent RF, no. 254437503, 2015. (In Russ.).

6 Sanitary rules and regulations SanPiN 2.3.2.1293-03 (as amended December 23, 2010.) "Hygienic requirements on the use of nutritional supplements." (In Russ.).

7 Gigenicheskie trebovaniya k primeneniyu pishchevykh dobavok [Sanitary rules and regulations SanPiN 2.3.2.1078-01 "Hygienic requirements for safety and nutritional value of foods."] (In Russ.).

8 GOST 52499-2005 Dobavki pishchevye. Terminy i opredeleniya [Additives food-tions. Terms and Definitions. Approved and put into effect 30.12.2005. №539 -cm. Interstate standard]. Moscow, Standartinform, 2006. 6 p. (In Russ.).

9 Blinova T.E., Radaeva I.A., Zdorovtsova A.N. Bactericidal properties dihydroquercetin. *Molochnaya promyshlennost'*. [Dairy industry], 2008, no.4, pp. 60-62. (In Russ.).

10 Blinova T.E., Radaeva I.A., Zdorovtsova A.N. Influence dihydroquercetin on lactic acid bacteria *Molochnaya promyshlennost'*. [Dairy industry], 2008, no. 5, pp. 57-58. (In Russ.).

11 Poghosyan D.G. Dairy products with a prolonged shelf life *Molochnaya promyshlennost'*. [Dairy industry], 2014, no. 3, pp. 60-61. (In Russ.).

12 Tokayev E.S., Manuk'yan G.G. Comparative characteristics of the antioxidant activity of plant extracts. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2009, no. 9. (In Russ.).

13 Manuk'yan G.G. The role of antioxidants in sports nutrition. *Zhivye sistemy i biologicheskaya bezopasnost' naseleniya* ["Living systems and biological safety of the population": the VI International Scientific Conference of students and young scientists]. Moscow, 2007. pp. 110-112. (In Russ.).

14 Belaya O.L., Bayder L.M., Kuropteva Z.V., Artamoshin N.E. The antioxidant properties of bioflavonoid Diquertin. *Chelovek i lekarstva*. [Collection of materials of the XVI Congress of the Russian National Congress "Man and Medicine"], Moscow, 2009. pp. 37. (In Russ.).

15 Leontieva N.V. Vitaminy na strazhe zdorov'ya [Vitamins at the country the same health]. Saint-Petersburg, 2013. 27 p. (In Russ.).

16 GOST 51331-99 Produkty molochnye. Yogurty. [Milk products. Yogurt. General specifications. Approved and introduced a Resolution of the State Standard of Russia 10.19.99. №355-art]. (In Russ.).

17 MR 2.3.1.2432-08 Normy fiziologicheskikh potrebnostei v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya RF [Standards physiological and logical requirements for energy and nutrients for different groups of the population of the Russian Federation]. (In Russ.).

УДК 504.06:664.1

Доцент В.В. Агеев,

(Воронеж. гос. ун-т) кафедра безопасности жизнедеятельности и основ медицинского знания.
тел. (473) 220-87-55

доцент В.А. Федорук

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии броидильных и сахаристых производств.
тел. (473) 255-37-32

E-mail: yzas2006@yandex.ru

Associate professor V.V. Ageev,

(Voronezh state university) Department of safety of life activity and foundations of medical knowledge.
phone (473) 255-37-32

associate professor V.A. Fedoruk

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of fermentation
technology and sugar industries.
phone (473) 255-37-32

E-mail: yzas2006@yandex.ru

Безопасность жизнедеятельности и экологичность в продуктовом отделении свеклосахарного завода

Safety of life activity and ecological compatibility in the grocery department of a beet-sugar factory

Резюме. Свеклосахарный завод — это крупное, хорошо оснащенное современной техникой предприятие, работающее по непрерывной схеме. По технологической структуре сахарного завода можно выделить три производственных отделения: свеклоперерабатывающее, сокоочистительное и продуктовое. В продуктовом отделении сахарного завода опасные и вредные факторы могут возникать при работе такого оборудования как вакуум-аппараты, центрифуги, утфелераспределители и утфелемешалки, сушилки и классификаторы сахара. В рабочей зоне обслуживания машин и механизмов могут появляться опасные или вредные факторы, которые подразделяют на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические. Для поддержания параметров микроклимата может применяться общеобменная вентиляция, при которой замена теплого воздуха на холодный происходит во всем объеме помещения. Отопление в продуктовом отделении в производственный сезон не проводится, так как для этого достаточно тепла, выделяемого оборудованием. В продуктовом отделении используется естественное и искусственное освещение. На сахарном заводе применяют следующие меры по защите от вибрации: выполняют точный монтаж, устраняют дефекты и разболтанность отдельных частей; для изолирования пути передачи вибраций от машины к фундаменту применяют виброизоляторы. Широкое применение электроустановок на сахарном заводе создает опасность поражения человека электрическим током. Причинами электротравм нередко бывают недостатки конструкции и монтажа оборудования, неправильная его эксплуатация. При сушке и транспортировке сахара образуется статическое электричество. Для удаления статического электричества оборудование заземляется; также используется увеличение влажности воздуха; ионизация воздуха. Для снижения потребления свежей промышленной воды из водоёмов предусматривается организация системы оборотных контуров очистки и максимального повторного использования производственных вод. Таким образом, обеспечение безопасности и соблюдение экологичности в продуктовом отделении свеклосахарного завода зависит от многих факторов и необходим тщательный контроль за этими процессами

Summary. Beet-sugar factory - is a large, well-equipped with modern technology, the company that operates in a continuous circuit. In the technological structure of a sugar factory there are three production divisions: beet processing department, juice purification house and grocery department. In the grocery department of a sugar factory dangerous and harmful factors may encounter while using equipment such as vacuum devices, centrifuges, and crystallizer tank, massecuite distributor, driers and classifiers sugar. The working area of the service of machinery may appear dangerous or harmful factors, which are divided into the following groups: physical, chemical, biological and physiological. To maintain microclimate parameters can be applied general ventilation, in which the replacement of the warm air to the cold going around the room volume. Heating in the grocery department in the production season is not carried out, since it is sufficient to heat generated by the equipment. In the grocery department uses natural and artificial lighting. In the sugar factory used the following measures to protect against vibration: perform detailed assembly, eliminate defects and looseness of individual parts; way to isolate the transmission of vibrations from the machine to the foundation apply vibration isolators. Widespread use of electrical installations in a sugar factory creates the risk of electric shock to persons. Causes of electrical shocks are often disadvantages of construction and installation of the equipment, its operation is wrong. During drying and transportation of sugar produced by static electricity. To remove the static electricity equipment grounded; also used the increase in humidity; air ionization. To reduce the consumption of fresh industrial water from reservoirs provides for the establishment of the system of working circuits cleaning and maximum reuse of industrial water. Thus, safety and environmental compliance in the grocery department of the sugar beet plant depends on many factors, and needs careful monitoring of these processes.

Ключевые слова: свеклосахарный завод, продуктовое отделение, экологичность, безопасность жизнедеятельности.

Keywords: beet-sugar factory, grocery department, ecological compatibility, safety of life activity.

© Агеев В.В., Федорук В.А., 2015

Свеклосахарный завод — это крупное, хорошо оснащенное современной техникой предприятие, работающее по непрерывной схеме. В сутки сахарный завод средней производственной мощности перерабатывает около 3 тыс. т свеклы, крупный — более 6 тыс. т свеклы [1].

Основным сырьем для производства сахара-песка в РФ являются сахарная свекла и импортный тростниковый сахар-сырец, которые перерабатывал в 2014 году 71 свеклосахарный завод.

По технологической структуре сахарного завода можно выделить 3 производственных отделения: свеклоперерабатывающее, сокоочистительное и продуктивное (кристаллизационное).

Продуктивное отделение связано с непосредственным получением готового продукта — сахара-песка по ГОСТ 21-94 или белого сахара по ГОСТ Р 53396-2009. В связи с этим рассмотрим безопасность труда и влияние на экологию этого отделения.

В продуктивном отделении сахарного завода опасные и вредные факторы могут возникать при работе такого оборудования, как

вакуум-аппараты, центрифуги, утфелераспределители и утфелемешалки, сушилки и классификаторы сахара. В рабочей зоне обслуживания машин и механизмов могут появляться опасные или вредные факторы, которые подразделяют на следующие группы: физические, химические, биологические и психофизиологические.

Физические опасные и вредные факторы

Свеклосахарная промышленность относится к сезонному производству, работающему в переходный период (холодный). Работу в продуктивном отделении можно отнести к категории Пб — средней тяжести (затраты энергии 175-232 Вт), т.е. работы, связанные с постоянной ходьбой, выполняемые стоя или сидя, но не требующие перемещения тяжестей массой более 10 кг.

Параметры микроклимата оказывают непосредственное влияние на терморегуляцию человека. Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочем месте представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Оптимальные значения параметров микроклимата на рабочем месте

Период года	Категория работ	Относительная влажность, %	Оптимальная температура воздуха, °С	Подвижность воздуха, м/с
Холодный, переходный	Пб	60-40	19-21	0,2
Теплый			20-22	

Для поддержания параметров микроклимата может применяться общеобменная вентиляция, при которой замена теплого воздуха на холодный происходит во всем объеме помещения. Отопление в продуктивном отделении в производственный сезон не проводится, так как для этого достаточно тепла, выделяемого оборудованием. При работе варщиков на вакуум-аппаратах на рабочего воздействует интенсивное тепловое излучение. Для снижения теплового воздействия на работника предусматривается воздушное душирование.

В продуктивном отделении используется

естественное и искусственное освещение. Стены и потолки окрашены в светлые тона с относительно небольшой насыщенностью и высоким коэффициентом отражения (потолок — белый, стены — светло-желтые, оборудование — серое).

Разряд зрительных работ выбирается согласно СНиП 23-05-95. Для освещения используются люминесцентные лампы мощностью 80 Вт. В сушке и упаковке используют светильники НОДЛ во взрывозащищенном исполнении. Также предусмотрено аварийное освещение. Характеристика освещения рабочего места представлена в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Характеристика освещения рабочего места

Наименование рабочего места	Разряд зрительных работ	Естественное освещение		Искусственное освещение
		Система освещения	Коэффициент естественного освещения, %	Нормируемая освещенность, лк
Кристаллизационно-варочное отделение	III	Верхнее	3,0	300
Сушка	V	Верхнее	1,8	200
Упаковка	III	Верхнее	3,0	300

Предельно допустимый уровень шума на сахарном заводе в продуктовом отделении 90 дБА. Оборудованием с высоким уровнем шума являются центрифуги и сушилки сахара.

Систематическое воздействие на человека вибрации приводит к расстройству вестибулярного аппарата, нервной системы, органов пищеварения. Допустимые величины, нормируемые параметры вибрации установлены СН-2.2.4/2.1.8.556-96. Допустимый уровень вибрации 80 дБ. Рабочие характеристики вибрации представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Рабочие характеристики вибрации

Название оборудования	Уровень вибрации, дБ
Центрифуга периодического действия	91-109
Центрифуга непрерывного действия	82-87
Сушка сахара	87-97

На сахарном заводе применяют следующие меры по защите от вибрации: выполняют точный монтаж, устраняют дефекты и разболтанность отдельных частей; для изолирования пути передачи вибраций от машины к фундаменту применяют виброизоляторы.

Мероприятиями по снижению уровня звуковой мощности в источнике шума являются: выбор оборудования с лучшими шумовыми характеристиками, использование звукопоглощающих материалов (применяются материалы с коэффициентом звукопоглощения больше 0,2). Также к мероприятиям по снижению уровня звука относятся: использование экранов, проведение регулярного осмотра оборудования (смазка, ремонт), применение СИЗ от шума (вкладыши, шлемофоны); дистанционное управление оборудованием [2].

При неполадках в работе вакуум-аппарата в нем может образоваться избыточное давление вместо разрежения (остаточное давление 0,060-0,067 МПа). Это может вызвать разрушение стекол иллюминаторов и привести к ожогу рабочих горячим утфелем. Поэтому при неполадках необходимо немедленно за-

крыть паровые вентили и открыть паровоздушный вентиль, а также запретить подходить к иллюминаторам и трогать пробные краны.

При спуске утфеля из аппарата спускной клапан необходимо открывать осторожно, чтобы на рабочих не попали брызги горячего утфеля.

Широкое применение электроустановок на сахарном заводе создает опасность поражения человека электрическим током. Причинами электротравм нередко бывают недостатки конструкции и монтажа оборудования, неправильная его эксплуатация.

Обеспечение электробезопасности от случайного прикосновения к токопроводящим частям достигается путем защитных оболочек и ограждений, защитного заземления открытых проводящих частей. Во избежание несчастных случаев (поражение током) включение оборудования в работу производится после предупредительного сигнала.

При сушке и транспортировке сахара образуется статическое электричество. Для удаления статического электричества оборудование заземляется; также используется увеличение влажности воздуха; ионизация воздуха.

Согласно инструкции по устройству молниезащиты зданий и сооружений на сахарных заводах используются стержневые молниеотводы. Категория молниезащиты – II.

При обслуживании вакуум-аппаратов необходимо соблюдать соответствующие правила техники безопасности. Надо следить, чтобы пробные краны аппаратов были закреплены в своих гнездах. Паровоздушные вентили следует открывать и закрывать постепенно, без резких толчков. Техническое освидетельствование проводится один раз в год.

Химические вредные факторы

Вредные вещества, используемые в технологическом процессе, приведены в таблице 4.

Удаление вредных веществ из продуктового отделения осуществляется за счёт искусственной приточно-вытяжной вентиляции и последующей очистки воздуха в «сухом», а затем в «мокром» циклонах. В сушильно-упаковочном отделении предусматривается использование средств индивидуальной защиты – респираторов для защиты от сахарной пыли.

Т а б л и ц а 4

Характеристика вредных веществ отделения

Вещество	Класс опасности	ПДКр.з/ПДКмр, мг/м ³	Воздействие на человека
Кальцинированная сода	3	2/0,04	Раздражает дыхательные пути
Соляная кислота	3	5/0,2	Химические ожоги
Сахарная пыль	3	10/0,5	Раздражающее

Биологические факторы

На сахарном заводе в продуктовом отделении вырабатывается конечный побочный продукт – меласса, которая может служить источником заражения скота, птиц. Её загрязнённость бактериями определяют по значению pH (7,5-8,0), а при необходимости подкисляют или подщелачивают, тем самым, снижая вредное воздействие и подавляя микробиологические процессы в ней.

Психофизиологические факторы

Психофизиологические факторы подразделяются на физические и нервно-психические перегрузки. Физические включают статические нагрузки. Статические нагрузки чрезвычайно неблагоприятно влияют на работоспособность и здоровье человека. Они определяются величиной требуемого усилия при статической нагрузке и вре-

мени нахождения в вынужденной позе при выполнении трудовой операции. Эти нагрузки разделяются на легкие (если человек при выполнении работы находится в свободной позе), средней тяжести (если вынужденная поза составляет 10-25 % времени смены), тяжелые (если она составляет менее 50 %) и очень тяжелые (более 50 %).

Защита от физических перегрузок, которые имеют место в продуктовом отделении: наличие регламентированных перерывов, механизация и автоматизация работ.

Экологическая безопасность

Для снижения потребления свежей промышленной воды из водоёмов предусматривается организация системы оборотных контуров очистки и максимального повторного использования производственных вод I, II, III категории. Степень очистки сточных вод представлена в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Степень очистки сточных вод сахарного завода

Показатели	Концентрация до очистки, мг/дм ³	Концентрация после очистки, мг/дм ³
Взвешенные частицы	1215	650
Прокаленный остаток	1610	790
БПК	2467	74

Для очистки сточных вод от мелкодисперсных твёрдых примесей применяют зернистые фильтры. На большинстве заводов применяются поля фильтрации, аэротенки, биологические пруды [3].

Охрана земель непосредственно связана с решением проблемы утилизации и рационального использования твёрдых отходов свеклосахарного производства. Для сахарного производства меласса является отходом, но для ряда отраслей пищевой и комбикормовой промышленности она служит ценным сырьём. Из оставшейся в мелассе сахарозы брожением получают лимонную и молочную кислоты, глицерин, ацетон, этиловый и бутиловый спирты. В сусле, приготовленном из мелассы, выращивают хлебопекарные дрожжи. Мелассу добавляют в грубые корма для скота.

В соответствии с законодательством РФ об охране окружающей среды при проектировании новых заводов прорабатывается вопрос о влиянии предприятия на загрязнение атмосферного воздуха. Сахарный завод может быть источником образования таких загрязняющих атмосферу веществ как оксид углерода, оксидов азота, диоксид серы, аммиак, пары серной и соляной кислоты, едкий натр, минеральное масло, углеводороды, свинец, пыль. Наиболее эффективным аппаратом мокрого пылеулавливания является скруббер Вентури.

Для улавливания пыли сахара в сахаросушильном отделении, и во всех производственных помещениях, где есть пылящее оборудование (сахароупаковочное, склады сахара и другие), устанавливаются аспирационные системы. Из них воздух поступает в циклоны «сухой» очистки, затем частицы пыли удаляются на электрофильтрах или «мокрых» пылеуловителях. Наибольшее применение имеют циклоны марки ЦН-15 (эффективность очистки – 85 %).

Санитарно-защитная зона для сахарного завода составляет 300 метров при наличии склада отжатого жома. Зона влияния вредных веществ от производства сахара составляет окружность радиусом 1,5-2,0 км.

Безопасность и защита персонала в чрезвычайных ситуациях

Наиболее эффективны мероприятия по предупреждению крупных аварий и катастроф – закладка в проекты вновь создаваемых объектов планировочных, технологических решений, которые должны максимально уменьшить материальный ущерб, в случае если авария произойдёт [4].

На сахарном заводе в продуктовом отделении наиболее взрывоопасным веществом является сахарная пыль (класс I): Нижний концентрационный предел воспламенения (НКПВ) – 8,9 г/м³; температура самовоспламенения – 525 °C.

Продуктовое отделение сахарного завода по пожаровзрывоопасности относится к категории Б, по взрывоопасности – В Па. Степень огнестойкости здания II.

Для включения стационарной системы пожаротушения применяются тепловые извещатели. В качестве автоматических средств пожаротушения в продуктовом отделении устанавливаются дренчерные установки.

Средства тушения, рекомендуемые в продуктовом отделении сахарного завода, представлены в таблице 6.

Для тушения электроустановок применяются углекислотные огнетушители типа ОУ-2. Наиболее целесообразным средством тушения является распыленная вода со смачивателем.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Сапронов А.Р., Сапронова Л.А., Ермолаев С.В. Технология сахара. СПб.: Профессия, 2013. 296 с.
- 2 Гавриленко А.М., Зарцына С.С., Зуева С.Б. Экологическая безопасность пищевых производств: учеб. пособие. СПб.: ГИОРД, 2006. 271 с.
- 3 Голыбин В.А. и др. Водное хозяйство сахарных заводов: учеб. пособие/ Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2009. 124 с.
- 4 Белов С.В. и др. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов М.: Высшая школа, 2007. 616 с.

Т а б л и ц а 6

Средства тушения пожаров

Наименование средств тушения	Нормативный расход л/м ² ·с
Вода (распыленное состояние)	0,20
Воздушная механическая пена средней кратности	0,20
Хладоны	0,22

Таким образом, обеспечение безопасности и соблюдение экологичности в продуктовом отделении свеклосахарного завода зависит от многих факторов и в продуктовом отделении свеклосахарного завода необходим тщательный контроль за этими процессами.

REFERENCES

1. Sapronov A.R., Sapronova L.A., Ermolaev S.V. Tekhnologiya sakhara [Technology of sugar]. Saint-Petersburg, Professiya, 2013. 296 p. (In Russ.).
2. Gavrilenko M.A., Sarzyna S.S., Zueva S.B. Ekologicheskaya bezopasnost pischevyih proizvodstv: ucheb. posobie [Environmental safety of food production: proc. allowance]. Saint-Petersburg, GIOR, 2006. 271 p. (In Russ.).
3. Golybin V.A. et al. Vodnoe hozyaystvo sakharnyih zavodov: ucheb. posobie [Water management of sugar factories: proc. allowance]. Voronezh: VGTA, 2009. 124 p. (In Russ.).
4. Belov S. V. et al. Bezopasnost zhiznedeiatelnosti: uchebnik dlya vuzov [Life safety: textbook for universities]. Moscow, Vysshaya shkola, 2007. 616 p. (In Russ.).

УДК 628.16.08

Профессор С.И. Лазарев, аспирант К.В. Шестаков,
(Тамбовский государственный технический университет)
кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики.

тел (4752) 63-10-19

E-mail: tstu@admin.tstu.ru

аспирант О.А. Пронина,

(Воронежский филиал РЭУ им. Г.В. Плеханова)

кафедра коммерции и товароведения

профессор О.С. Корнеева

(Воронежский государственный университет инженерных технологий)

кафедра биохимии и биотехнологии.

тел. (473)255-55-57

E-mail: biotehvsuet@mail.ru

Professor S.I. Lazarev, postgraduate K.V. Shestakov,

(Tambov State Technical University) Department of applied geometry and computer graphics.

phone (4752) 63-10-19

E-mail: tstu@admin.tstu.ru

postgraduate O.A. Pronina,

(Voronezh branch RGTEU)

Department of Commerce and merchandising

professor O.S. Korneeva

(Voronezh state university of engineering technology) Department of biochemistry and biotechnology.

phone (473)255-55-57

E-mail: biotehvsuet@mail.ru

Исследование удельного потока растворителя в процессах ультрафильтрационного и обратноосмотического разделения биологических растворов биохимических производств

Research specific flux of solvent in the processes of ultrafiltration and reverse osmosis of biological solutions separation in biochemical industry

Реферат. Данная работа посвящена исследованию удельного потока растворителя в баромембранных процессах разделения в биохимическом производстве. Основными показателями, которыми характеризуются методы баромембранной технологии, являются производительность и качество разделения. Производительность баромембранного разделения оценивается через удельную производительность или удельный поток растворителя, который равен расходу пермеата через единицу рабочей площади мембраны в единицу времени и также определяемый скоростью процесса баромембранного разделения. Данный параметр зависит от материала мембраны, природы растворенных веществ и их концентраций в растворе, от рабочего давления, температуры и гидродинамики процесса. В работе проанализирован удельный поток растворителя и математически описан уравнением, основанным на законе Дарси, устанавливающим прямопропорциональную зависимость от движущей силы процесса, концентрации и вида мембраны. Для проведения исследования применялась следующая методика. Начальный этап заключался в предварительной отмывке мембран от примесей, проверке герметичности отдельных узлов, выводе установки в рабочий режим на промежуток времени до 18 часов. Затем был проведен предварительный опыт для установления постоянной производительности с коэффициентом задержания мембран. После этого была выполнена серия основных экспериментов, по результатам которых рассчитывали удельный поток растворителя. В результате исследований сделаны определенные выводы. При повышении концентрации уменьшается удельный поток растворителя. На ультрафильтрационных мембранах удельный поток растворителя выше, чем на обратноосмотических мембранах. Данное явление зависит от типа мембраны. При повышении давления прямо пропорционально увеличивается поток растворителя, и, следовательно, производительность баромембранного разделения растворов. На удельный поток растворителя влияют концентрационная поляризация, гелеобразование и осадкообразование, которые образуются в результате увеличения давления и адсорбции на поверхности мембраны.

© Лазарев С.И., Шестаков К.В.,
Пронина О.А., Корнеева О.С., 2015

Summary. This work is devoted to the study of specific solvent stream in baro membrane separation processes in the biochemical industry. The main indicators, which characterize baromembranes technology, are productivity and quality division. Performance of baromembrane separation is estimated by the specific output or specific solvent stream, which is equal to the permeate flow per unit working area of the membrane per unit of time, and also determines the speed of the process of baromembrane division. This parameter depends on the material of the membrane, the nature of the solutes and their concentrations in the solution, the operating pressure, temperature and hydrodynamic processes. The article analyzed the specific solvent flow, which mathematically described by the equation based on Darcy's Law. This law establishes proportional dependence on the driving force of the process, the concentration and type of membrane. For the research was used following technique. The initial stage was to preliminary cleaning of membranes from impurities, checking the integrity of individual units, launching in work mode for a time period of 18 hours. Then there was a preliminary experience for the establishment of a permanent performance with a factor of retention membranes. After that was done a series of basic experiments, the results of which were used for calculate of specific solvent stream. As a result of investigations made certain conclusions. Specific solvent stream decreases with increasing concentration. In ultrafiltration membranes the specific solvent stream is higher than in reverse osmosis membranes. This phenomenon depends on the type of membrane. When the pressure increases the flow of the solvent and performance of baromembrane separation of solutions increases too. Specific solvent stream are influenced by concentrating polarization, gelation and sedimentation, which are formed as a result of increasing pressure and adsorption on the membrane surface.

Ключевые слова: биологический раствор, удельный поток растворителя, мембрана, пограничный слой, концентрационная поляризация, обратный осмос, ультрафильтрация.

Keywords: biological solution, specific flux of solvent, membrane, boundary layer, concentration polarization, reverse osmosis, ultrafiltration.

Методы мембранной технологии в процессах разделения, очистки и концентрирования биологических растворов в биохимической промышленности приобретают в настоящее время все большую актуальность. В первую очередь, это связано с тем, что проблема снижения загрязнения окружающей среды вышла на передний план в списке глобальных проблем. Отсюда вытекает необходимость исследования данных методов и применение их на промышленных предприятиях. Исследования данных методов ведутся как в нашей стране, так и за рубежом. Данная работа посвящена исследованию удельного потока растворителя в баромембранных процессах разделения в биохимическом производстве. Основными показателями, которыми характеризуются методы баромембранной технологии, являются производительность и качество разделения. Производительность баромембранного разделения оценивается через удельную производительность или удельный поток растворителя, который равен расходу пермеата через единицу рабочей площади мембраны в единицу времени и также определяемый скоростью процесса баромембранного разделения.

Основным количественным показателем, характеризующим процесс ультра-фильтрационного и обратноосмотического разделения, считается удельный поток растворителя. Данный параметр зависит от многих факторов, например, от материала мембраны, природы растворенных веществ и их концентраций в растворе, от рабочего давления, температуры и гидродинамики процесса. Давление является движущей силой процесса разделения, поэтому воздействует на кинетические параметры процесса ультрафильтрации и обратного осмоса, определяющие производительность и качество разделения.

Влияние давления на удельный поток растворителя можно разделить на две части. Первая часть заключается в том, что удельный поток растворителя с ростом давления повышается. Вторая часть показывает, что при более высоких давлениях он остается неизменным.

Зависимость же удельного потока растворителя от концентрации заключается в следующем. Увеличение концентрации раствора приводит к уменьшению удельного потока растворителя. Это связано с ростом осмотического давления растворов разделяемых веществ и влиянием адсорбционных слоев на поверхности мембран, уменьшающий их проницаемость.

Увеличение рабочего давления при разделении водных растворов неорганических и органических веществ приводит к увеличению удельного потока растворителя [1-2]. Необходимо отметить, что наиболее достоверные результаты можно получить экспериментально, определив влияние давления для конкретной мембраны и конкретного растворенного вещества, поскольку в разных работах приводятся разнообразные зависимости удельного потока растворителя от давления.

Для описания удельного потока растворителя в ультрафильтрационной мембране применялось уравнение вида:

$$J = k \cdot (\Delta P - \Delta \pi) \quad (1)$$

где k – проницаемость мембраны по дистиллированной воде, м/с·МПа;

ΔP – перепад давления на мембране, МПа;

$\Delta \pi$ – перепад осмотического давления в растворах по обе стороны мембраны, МПа.

Отклонения от закона Дарси, при фильтровании через мембраны, объясняется наличием динамического осмотического давления, которое записывается:

$$\Delta\pi = \frac{1}{\gamma} \cdot (C_0 - C_f) \quad (2)$$

где γ - коэффициент распределения растворенного вещества между раствором и мембраной; $C_{0,f}$ - концентрация растворенного вещества в ядре потока и в пермеате, кг/м³.

Следовательно формулу (1) можно записать:

$$J = k \cdot (\Delta P - \frac{1}{\gamma} \cdot (C_0 - C_f)) \quad (3)$$

Из формул следует, что удельный поток растворителя мембран, при баро-мембранном разделении (стоит отметить, что бывают отклонения) сложным образом зависит как от концентрации, так и от движущей силы процесса [2-4].

Для ультрафильтрации и обратного осмоса характерно явление концентрационной поляризации, которое заключается в повышении концентрации растворенного вещества у поверхности мембраны, в пограничном слое. Толщина пограничного слоя, в общем случае, зависит от режима движения раствора над поверхностью мембраны. Отмечается, что с понижением скорости течения раствора в мембранном канале развивается концентрационная поляризация.

При увеличении концентрационной поляризации падает удельный поток растворителя из-за роста осмотического давления и снижения движущей силы процесса. Это связано, в первую очередь, с повышением концентрации раствора у поверхности мембраны.

Стоит отметить, что в приведенных выше формулах для расчета удельного потока растворителя не учитывают влияние сорбции растворенных веществ на изменение удельного потока растворителя из-за уменьшения сечения пор мембраны, а также не учитывают влияние температуры на процесс. При расчете удельного потока растворителя температуру необходимо учитывать, поскольку вязкость и плотность раствора напрямую связаны с ней.

В связи с вышесказанным нами предложена следующая зависимость удельного потока растворителя от концентрации внешнего раствора и температуры [3]:

$$J = k \cdot (\Delta P^m - k_1 \cdot C) \cdot \exp(k_2 \cdot C^n) \cdot \exp\left(\frac{A_1}{T}\right) \quad (4)$$

где k_1, k_2, n, A_1 - числовые коэффициенты.

В таблице 1 приведены значения эмпирических коэффициентов для исследованных мембран и растворов. Формула должна отражать большую часть параметров процесса, которые влияют на удельный поток растворителя в мембране.

Из таблиц видно, что удельный поток растворителя имеет сильную обратную зависимость от концентрации растворенного вещества. Данный факт подтверждает влияние концентрации раствора на удельный поток растворителя мембран.

Т а б л и ц а 1

Значения эмпирических коэффициентов для расчета удельного потока растворителя через мембраны

Мембрана	k_1	k_2	m	n	A_1
УПМ-К	-0,664	4,367	0,275	-0,351	-1731,6
УАМ-200	-0,031	1,809	0,157	-0,857	-1096,6
УАМ-150	-0,664	4,367	0,276	-0,351	-2000,0
МГА-100	0,033	0,199	0,231	-2,138	365,3
ОПМ-К	0,117	0,042	0,038	1,7532	-388,0

В ходе данной работы было исследовано влияние концентрации и давления на удельный поток растворителя при очистке сточных вод от растворенных веществ с целью дальнейшего их использования во вторичных процессах производств.

Первый этап заключался в предварительной очистке водной массы от нерастворимых веществ гравитационным и центробежным отстаиванием. Далее проводили баромембранную очистку на лабораторной мембранной установке с использованием мембран УАМ-150, УАМ-200, МГА-100 и ОПМ-К и разделительной ячейки [1].

Для проведения исследования применялась следующая методика. После предварительной отмывки мембран от примесей сорбционного характера собирали разделительную ячейку и подсоединяли ее к установке. После проверки герметичности отдельных узлов установка была выведена в рабочий режим и оставлена в заполненном раствором состоянии на промежуток времени до 18 часов. Затем был проведен предварительный опыт для установления постоянной производительности с коэффициентом задержания мембран. После этого была выполнена серия основных экспериментов, в течение которых отбирали пробы исходного раствора и пермеата, измеряли объемный расход пермеата, давление, температуру и контролировали расход разделяемого раствора. Анализ растворенных веществ в водной массе осуществляли по бихроматной окисляемости (ХПК) [5]. Далее рассчитывали удельный поток растворителя по результатам экспериментальных данных, полученных в процессе баромембранного разделения промышленных растворов биохимических производств.

На рисунках 1-4 представлены сравнение расчетных (пунктирная линия) и экспериментальных (сплошная линия) результатов в зависимости от концентрации исходного раствора и вида мембраны.

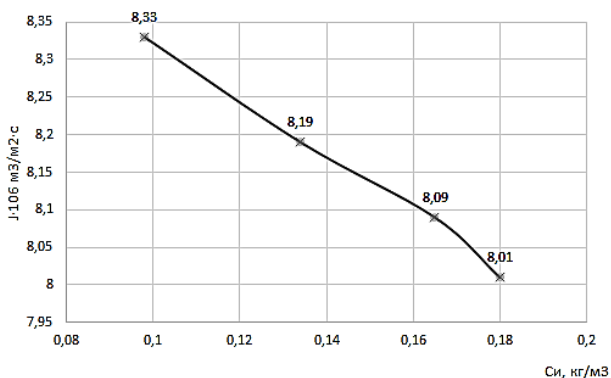


Рисунок 1. График зависимости удельного потока растворителя от концентрации исходного раствора для мембраны УАМ-150

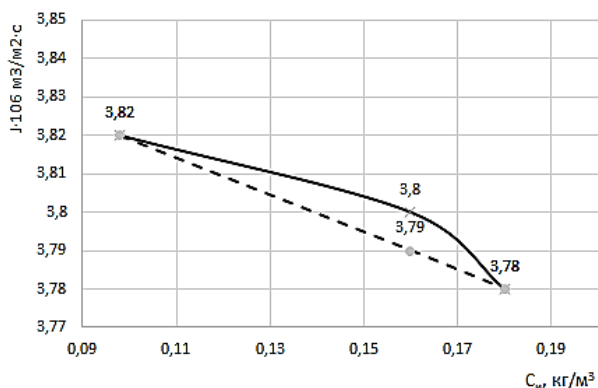


Рисунок 3. График зависимости удельного потока растворителя от концентрации исходного раствора для мембраны МГА-100

В завершение работы необходимо сделать следующие выводы:

1. Проанализирован удельный поток растворителя и математически описан уравнением, основанным на законе Дарси, устанавливающим прямопропорциональную зависимость от движущей силы процесса, концентрации и природы мембраны.
2. При повышении концентрации уменьшается удельный поток растворителя. На ультрафильтрационных мембранах удельный поток растворителя выше, чем на обратно-осмотических мембранах.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию. М.: ДеЛиПринт, 2007. 208 с.
- 2 Anil K. Pabby, Syed S.H. Rizvi, Ana Maria Sastre Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications. CRC, 2008. 316 p.
- 3 Лазарев С.И., Головашин В.Л., Ворожейкин Ю.А. Анализ и расчет кинетических коэффициентов ультрафильтрационного разделения промышленных растворов крахмально-паточных

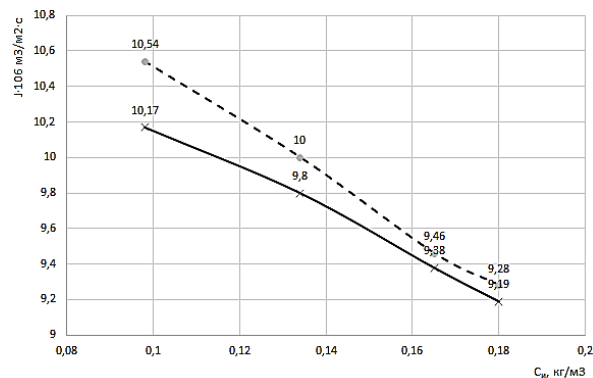


Рисунок 2. График зависимости удельного потока растворителя от концентрации исходного раствора для мембраны УАМ-200

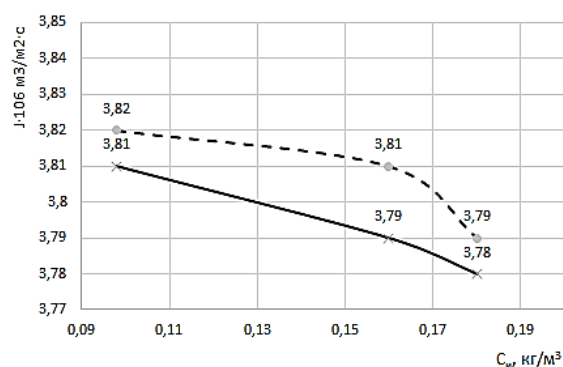


Рисунок 4. График зависимости удельного потока растворителя от концентрации исходного раствора для мембраны ОПМ-К

ских мембранах. Данное явление зависит от механизма переноса в ультрафильтрационных и обратноосмотических мембранах.

3. При повышении давления прямо пропорционально увеличивается поток растворителя, и, следовательно, производительность баромембранного разделения растворов. На удельный поток растворителя влияют концентрационная поляризация, гелеобразование и осадкообразование, которые образуются в результате адсорбции на поверхности мембраны растворенных веществ.

производств // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2012. Т. 17. № 4. С. 1254 - 1257.

- 4 Головашин В.Л., Лазарев С.И., Лавренченко А.А. Исследование кинетических коэффициентов электроультрафильтрационного разделения промышленных растворов биохимических производств // Вестник ТГТУ. 2014. Т. 20. № 1. С. 86 - 95.

5 Water Environment Federation. Membrane Systems for Wastewater Treatment, 2005, 264 p.

REFERENCES

1 Svetsov A. A. Vvedenie v membrannuyu technologii [Introduction to membranesing technology]. Moscow: Deliprint, 2007. 208 p. (In Russ.).

2 Anil K. Pabby, Syed S.H. Rizvi, Ana Maria Sastre. Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications. CRC, 2008. 316 p.

3 Lazarev S.I., Golovashin V.L., Vorozheikin Y.A. Analysis and calculation of kinetic coefficients ultrafiltration separation of solutions starch and treacle production. *Vestnik Tambovskogo*

universiteta. Seriya: Estestvenniye I technicheskie nauki. [Bulletin of Tambov university. Series: Natural and Technical Sciences], 2012, vol. 17, no.4, pp. 1254 - 1257. (In Russ.).

4 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 [Bulletin of TSTU]*, 2014, vol. 20, no. 1, pp. 86 – 95. (In Russ.).

5 Water Environment Federation. Membrane Systems for Wastewater Treatment, 2005, 264 p.

Благодарность

Авторы выражают благодарность заслуженному деятелю науки РФ, д.т.н, проф. Полянскому К.К. и к.т.н., доц. Головашину В.Л. за помощь при выполнении данной работы.

УДК 664.1.054

Заведующий лабораторией В.В. Ананских,
старший научный сотрудник Л.Д. Шлеина
(ФГБНУ ВНИИ крахмалопродуктов)
тел. (495) 557-15-00
E-mail: vniik@arrisp.ru

Chief of laboratory V.V. Ananskikh,
senior research scientist L.D. Shleina
(All-Russian Research Institute for Starch Products)
phone: (495) 557-15-00
E-mail: vniik@arrisp.ru

О гранулометрическом составе гранулированных сахаристых веществ

Granulometric composition of granular starch sweeteners

Реферат. Разработана технология производства сахаристых продуктов в гранулированном виде, позволяющая получить готовый продукт в сухом сыпучем состоянии, без отделения межкристального оттека, содержащего ценные пищевые компоненты, за короткий промежуток времени. В процессе гранулирования глюкоза выкристаллизовывается на поверхности затравочных гранул и увеличивает их размер до определенной величины, после чего гранулы разрушаются, образуя новые центры гранулообразования. Размеры гранул находятся в пределах 3–7 мм. Анализ экспериментальных данных показывает, что с увеличением размера гранул прочность их возрастает. Повышение нагрузки на раздавливание гранул при увеличении их размера связано с возрастанием прочности вследствие увеличения их массы. Однако с увеличением размера гранул удельная нагрузка на единицу площади сечения гранулы (предел прочности) падает. При увеличении влажности гранул нагрузка на разрушение снижается. Предел прочности гранул глюкозы снижается с увеличением размера гранул и с повышением их влажности. Величина оптимального среднего размера гранул определена с использованием опытных данных по изменению критического напряжения, возникшего внутри гранул различного размера, от действия нагрузки, определенной для каждой гранулы экспериментально, и удельной нагрузки, возникшей в гранулах затравочного слоя от действия внешних сил при перемешивании слоя гранул. Подставив значения известных величин, соответствующих экспериментальной установке, в формулы, полученные на основании опытных данных, находим оптимальный для существующих граничных условий средний размер гранул, получаемый в экспериментальной установке $d = 3,78$ мм. Размер гранул при производстве гранулированных сахаристых продуктов можно менять в определенных пределах в зависимости от высоты слоя затравочных гранул, находящихся в грануляторе. Чем больше высота затравочного слоя, тем меньше средний размер гранул, получаемый при гранулировании.

Summary. There was developed a technology to produce starch sweeteners in granular form, which allows to obtain ready product in dry free-flowing state, without separation of mother liquor with valuable nutritional components, for short period of time. During granulation dextrose is crystallized on the surface of seed granules and it increases their size up to determined value, after that granules are destroyed, forming new centers of granules formation. The sizes of granules are in the range of 3–7 mm. The analysis of experimental data shows, that density of granules is decrease with increase of size of granules. Increasing the load for crushing granules at increase of their size is connected with increase of strength due to its mass increase. However, with increase of granule size the specific load per unit of cross-sectional area (tensile strength) is decreased. With increase of moisture content of granules the load for destruction is decreased. The tensile strength is decreased with increase of granule size and moisture content. The value of the optimal average granule size is determined using experimental data on change of critical stress arising inside of granules of different size, from the action of load, determined experimentally for each granule, and specific load in granules of seed layer from external forces at mixing of granule layer. Substituting the known values corresponding to experimental installation, in equations, obtained based on experimental data, we find optimal average size of granule for existing boundary conditions, obtained in the experimental installation $d = 3,78$ mm. The size of granule at starch sweeteners production could be change in certain limits depending on the height of seed layer of granules in granulator. The greater height of seed layer, the smaller average size of granules obtained at granulation.

Ключевые слова: гранулирование сахаристых веществ, ферменты, гидролиз крахмала, глюкоза, межкристальный оттек, гранулятор, размер и прочность гранул

Keywords: granulation of starch sweeteners, enzymes, starch hydrolysis, dextrose, mother liquor, granulator, size of strength of granules.

Классическая технология получения сахаров (сахароза, глюкоза, фруктоза и др.) в кристаллическом виде предусматривает очистку сиропов от механических примесей и красящих веществ, концентрирование сиропов до определенного содержания сухих веществ, кристаллизацию, отделение межкристального оттека центрифугированием и сушкой. Готовые

продукты представляют собой максимально очищенные сахара. Недостатки этой технологии: большие производственные площади и продолжительность технологического процесса и наличие побочного продукта – межкристального оттека.

© Ананских В.В., Шлеина Л.Д., 2015

Во ВНИИК разработана технология производства сахаристых продуктов в гранулированном виде, позволяющая получить готовый продукт без отделения межкристального оттека, содержащего ценные пищевые компоненты, за короткий промежуток времени. Установка для гранулирования предназначена для быстрого, непрерывного перевода сахаристого раствора в сухое, сыпучее состояние в виде гранул [1, 5].

Производство сахаристых веществ, в частности, глюкозы в гранулированном виде стало возможным только после внедрения ферментативного способа гидролиза крахмала, который позволяет получить сиропы с глюкозным эквивалентом (ГЭ), равным 96–98 %.

Установка для гранулирования глюкозы представляет собой неподвижный цилиндрический корпус 1 (рисунок 1), в нижней части которого размещен вращающийся цилиндр с днищем 2.

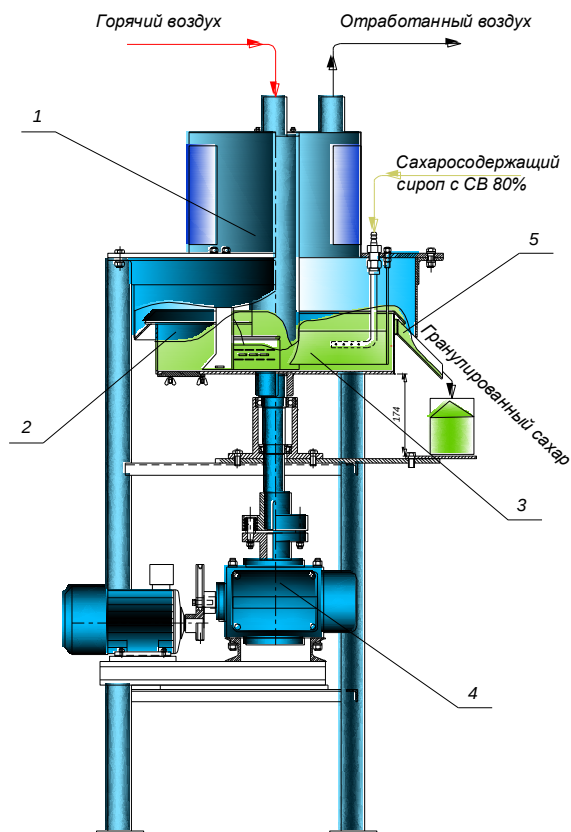


Рисунок 1. Лабораторная установка для гранулирования глюкозы

Внутри вращающегося цилиндра помещены неподвижные полые лопасти 3. Эти лопасти закреплены в нижней части центральной трубы с зазором от вращающегося днища. Вращающийся цилиндр с днищем приводится в движение от привода 4.

Во вращающийся цилиндр с днищем помещаются затравочные гранулы гранулируемой глюкозы, на поверхность которых тонкой пленкой наносится концентрированный глюкозный раствор. Перемешивание гранул с нанесенным на их поверхность глюкозным раствором осуществляется при помощи лопастей, находящихся в слое. За счет перемешивания раствор распределяется по поверхности соседних гранул, влага впитывается гранулой и высыхает, а глюкоза кристаллизуется. Внутри слоя затравочных частиц подается горячий воздух. В процессе гранулирования глюкоза выкристаллизовывается на поверхности частиц и увеличивает их размер. Скорость роста гранул зависит от скорости кристаллизации. Рост гранул продолжается до определенной величины, после чего гранулы разрушаются под действием внешних сил как со стороны соседних гранул, так и со стороны лопастей перемешивающего механизма, образуя новые центры гранулообразования. Размеры гранул находятся в пределах 3–7 мм, в зависимости от высоты затравочного слоя. При увеличении количества гранул во вращающемся цилиндре с днищем высота слоя растет. Дойдя до края обечайки вращающегося цилиндра, гранулы пересыпаются в выгрузочный желоб 5 и собираются в приемной емкости.

Технология получения глюкозы в гранулированном виде позволяет сократить технологический процесс её производства, получить сухой сыпучий продукт в течение короткого времени непосредственно из концентрированных сиропов. При этом себестоимость такого продукта может быть значительно ниже в сравнении с глюкозой, произведенной традиционным способом. Отличие кристаллической порошкообразной глюкозы (белого цвета) от гранулированной заключается в чистоте, её цвете и гранулометрическом составе. Цвет гранулированной глюкозы может меняться от серого до светлосерого [2].

При установившемся режиме гранулирования средний размер гранул остается неизменным. В процессе гранулирования из глюкозного сиропа на поверхности затравочных гранул выкристаллизовываются микрокристаллы глюкозы, увеличивая размер этих гранул. Увеличение размера продолжается до определенной величины, после чего гранулы разрушаются, образуя новые гранулы, на которых выкристаллизовывается свежеснесенная глюкоза. Размер, при котором гранулы начинают разрушаться, можно назвать критическим, и зависит он от разных факторов. К ним относятся массовая доля влаги, температура, чистота сиропа, величина нагрузки, действующая на гранулы, также природа самого вещества.

С целью обоснования среднего размера гранул, оптимального для данных условий работы, определяли нагрузку, при которой гранулы разрушаются. При этом поддерживали температуру 60 °С и влажность гранул от 2 до 10 %, т. е. создавали условия, близкие к условиям нахождения продукта в камере при гранулировании сахаристых веществ. Затем находили критическое напряжение (предел прочности) от действия указанной нагрузки. Построив зависимость предела прочности от размера гранул и определив напряжение, возникшее в гранулах от действия сил со стороны лопастей, можно найти расчетный средний размер гранул, получаемый при гранулировании.

Для определения нагрузки, при которой происходит разрушение гранул, использовали прибор, представленный на рисунке 2.

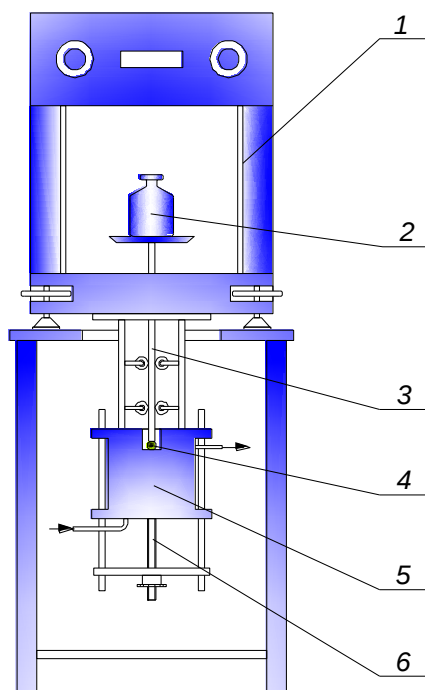


Рисунок 2. Прибор для определения прочности гранул: 1 – весы; 2 – разновесы; 3 – шток; 4 – гранула сахара; 5 – термостатируемый предметный столик; 6 – винт регулировочный.

Прибор представляет собой весы, к коромыслу которых прикреплен шток. Шток входит в термостатируемый предметный столик, куда предварительно помещается гранула сахара определенной влажности. Плечи весов нагружаются разновесами до 500 г. и находятся в равновесии. При уменьшении нагрузки на одно плечо (по 1 г) второе начинает давить на испытуемую гранулу. При постепенном увеличении нагрузки на рабочее плечо гранула раздавливается.

Прочность гранул глюкозы обуславливает их способность сопротивляться деформации и разрушению под воздействием внешних

сил. Механические свойства гранул зависят от их строения и влажности.

Проведены экспериментальные исследования по определению нагрузки, при которой гранула разрушается в зависимости от её размера и влажности. Полученные результаты зависимости изменения прочности гранул от перечисленных выше факторов приведены на рисунке 3.

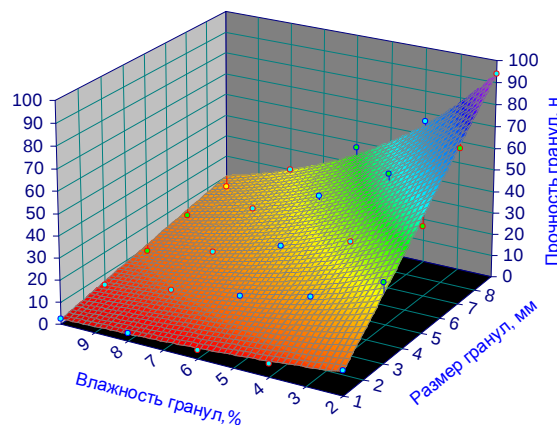


Рисунок 3. Зависимость изменения прочности гранул от их размера и влажности

Опытные данные обрабатывали с помощью математической программы Table Curve 3D v4.0. При помощи этой программы можно не только определить характер изменения качественных характеристик, но и получить формулу, позволяющую найти конкретные значения нагрузки, при которой гранула разрушается. Уравнение, описывающее прочность гранул от их размера и влажности, имеет вид:

$$P = 15,48 \cdot d^{0,996} \cdot e^{0,191 \cdot W}, \quad (1)$$

где P – прочность гранул, Н; d – размер гранул, мм; W – влажность гранул, %.

Анализ полученных значений при определении прочности гранул показывает, что с увеличением размера гранул прочность их возрастает. Так, при размере гранул 1 мм и влажности 4 % нагрузка, при которой гранула разрушается, составляет 6 Н; при размере гранулы 5 мм и влажности 4 % гранула разрушается уже при 34 Н [3].

При увеличении влажности гранул нагрузка на разрушение снижается. Так, при одном и том же размере гранулы, например 3 мм, и увеличении влажности от 2 до 10 %, нагрузка на разрушение снижается в 7,2 раза [4].

Повышение нагрузки на раздавливание гранул при увеличении их размера связано с возрастанием прочности вследствие увеличения массы. Однако с увеличением размера гранул удельная нагрузка на единицу площади сечения гранулы (предел прочности) падает.

На рис. 4 приведена зависимость изменения предела прочности гранул, при которой они разрушаются, от их размера и влажности.

Получено уравнение зависимости предела прочности гранул от их размера и влажности:

$$\sigma = 49,16 \cdot d^{0,963} \cdot e^{0,892 \cdot \sqrt{W}}, \quad (2)$$

где σ – предел прочности гранул, Н/мм²; d – размер гранул, мм; W – влажность гранул, %

Анализируя эту зависимость, получаем, что предел прочности гранул глюкозы снижается с увеличением размера гранул и с повышением их влажности.

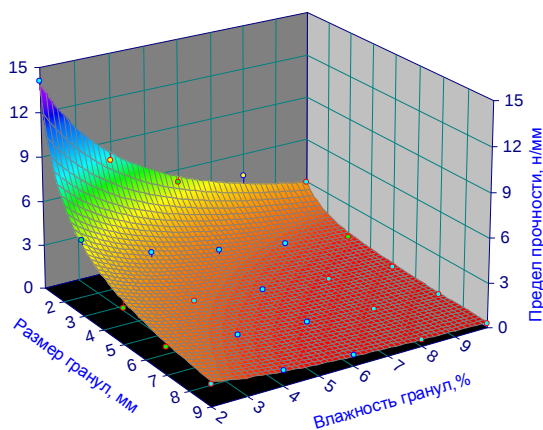


Рисунок 4. Зависимость изменения предела прочности гранул от их размера и влажности.

Используя данные рисунка 4 изменения критического напряжения, возникшего внутри гранул различного размера, от действия нагрузки, определенной для каждой гранулы экспериментально, и определив удельную нагрузку, возникшую в гранулах затравочного слоя от действия сил при перемешивании со стороны лопасти, можно определить величину среднего размера гранул.

Лопасть, находящаяся в экспериментальной установке, преодолевает лобовое сопротивление продукта, трение продукта о лопасть, трение продукта о продукт, сил сцепления продукта с лопастью. Исходя из этого, величину нормального давления, приходящегося на единицу площади погруженной части лопасти в продукте [2],

ЛИТЕРАТУРА

1 Ананских В.В., Лукин Н.Д., Варицев П.Ю., Кукушкин А.Н. Получение гранулированного сахара // Сборник научных трудов молодых ученых и преподавателей, подготовленный в результате выполнения федеральной целевой научно-технической программы «Исследование и разработка по приоритетным направлениям развития науки и техники». 2006. С. 124–126.

можно определить следующим образом:

$$\sigma = \gamma \cdot h \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{\rho}{2} \right) + 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{\rho}{2} \right), \quad (3)$$

где γ – объемный вес продукта, Н/м³; h – глубина погружения лопасти в продукт, м; ρ – угол внутреннего трения продукта в угловых градусах; c – удельная сила сцепления продукта с лопастью, Н/м².

Для определения численной величины нормального давления на единицу площади лопасти и, соответственно, давления в поперечном сечении гранул (предела прочности) подставим значения известных величин, соответствующих экспериментальной установке:

$$g = 6880 \text{ Н/м}^2; h = 0,09 \text{ м}; r = 35^\circ; c = 1 \text{ Н/м}^2.$$

Отсюда напряжение, возникшее в гранулах, будет равно:

$$\begin{aligned} \sigma &= 6880 \cdot 0,09 \cdot \operatorname{tg}^2 \left(45 + \frac{35}{2} \right) + \\ &+ 2 \cdot c \cdot \operatorname{tg} \left(45 + \frac{35}{2} \right) = 2,289 \text{ Н/мм}^2 \end{aligned}$$

Это напряжение есть критическое, и рост гранул при таком напряжении прекращается вследствие их разрушения. Усредненный размер гранул находим из уравнения (2):

$$\begin{aligned} d &= \left(\frac{\sigma}{49,16 \cdot e^{0,892 \cdot \sqrt{W}}} \right)^{-0,963} = \\ &= \left(\frac{2,289}{49,16 \cdot e^{-0,892 \cdot \sqrt{4}}} \right)^{-0,963} = 3,78 \text{ мм} \end{aligned}$$

Таким образом, оптимальный средний размер гранул, получаемый в экспериментальной установке при данных граничных условиях, составит $d = 3,78$ мм.

Вывод. Размер гранул при производстве гранулированных сахаристых продуктов можно менять в определенных пределах в зависимости от высоты слоя затравочных гранул, находящихся в подвижном барабане гранулятора. Чем больше высота затравочного слоя, тем меньше средний размер гранул, получаемый при гранулировании.

2 Воронова Л.Ю. Получение поликомпонентных сахаристых продуктов в гранулированном виде // Материалы VII конференции молодых учёных и специалистов научно-исследовательских институтов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии «Научный вклад молодых учёных в развитие пищевой и перерабатывающей промышленности АПК», Москва, 8–9 октября, Сборник научных трудов, ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии. 2013. С. 68–71.

3 Ананских В.В., Воронова Л.Ю., Шлеина Л.Д. О технологии гранулирования сахаристых продуктов // Материалы XII международной научно-практической конференции «Состояние и перспективы свеклосахарного комплекса – ответ на вызовы времени». 2013.

4 Лукин Н.Д., Лapidус Т.В., Бородин З.М. Развитие технологии сахаристых продуктов с применением биоконверсии крахмала // Материалы XIX Международной конференции по крахмалу Москва-Краков, Москва, 2012. С. 12.

5 Ананских В.В., Шлеина Л.Д. Обоснование гранулометрического состава при производстве гранулированного сахара // Труды Международной научно-практической конференции «Импортозамещение продуктов глубокой переработки зерна и картофеля». 2014. С. 27–31

REFERENCES

1. Ananskikh V.V., Lukin N.D., Varitsev P.Yu., Kukushkin A.N. Production of granulated sugar. Sbornik nauchnykh trudov molodykh uchebnykh i prepodavatelei, podgotovlennyy v rezultate vypolneniya Federal'noy nauchno-tekhnicheskoy programmy "Issledovaniye i razrabotka po prioritetnym napravleniyam nauki i tekhniki [Collection of scientific works of young scientists and teachers, prepared as a result of the federal target scientific and technical program "Research and development on priority directions of science and technology"], 2006, pp. 124–126. (In Russ.).

2. Voronova L.Yu. Production of polycponent starch sweeteners in granular form. Materialy VII konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov nauchno-issledovatel'skikh institutov [Materials of VII Conference of young scientist and specialists of scientific research institute of Russian Academy of Agricultural Sciences «Scientific impact of young scientists in development of food and processing industries»]. Moscow, GNU VNIMI Rossel'hoz akademii. pp. 68–771. (In Russ.).

3. Ananskikh V.V., Voronova L.Yu., Shleina L.D. About technology of starch sweeteners granulation. Sostoyaniye i perspektivy sveklosakharnogo kompleksa. [Material of XII international scientific-practical conference "Condition and prospects of sugar beet complex – response to time challenge]. Kursk, 2013, pp. 52–55. (In Russ.).

4. Lukin N.D., Lapidus T.V., Borodina Z.M. Development of starch sweeteners technology using starch bioconversion. Materialy XIX Mezhdunarodnoy konferentsii po krakhmalu [Materials of XIX International starch conference] Moscow – Cracow, 2012. pp. 12–14. (In Russ.).

5. Ananskikh V.V., Shleina L.D. Substantiation of granulometric composition at production of granulated sugar. Importozameshchenie produktov glubokoi pererabotki zerna i kartofelya [Materials of International scientific-practical conference "Import substitution of production of grain and potato deep processing"], 2014, pp. 27–31 (In Russ.).

УДК 664.1

Профессор В.А. Голыбин, доцент Н.А. Матвиенко,
доцент В.А. Федорук, студент Д.С. Мурач
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии броидильных и сахарных
производств. тел. (473) 255–37–32
E-mail: yzas2006@yandex.ru

Professor V.A. Golybin, associate professor N.A. Matvienko,
associate professor V.A. Fedoruk, student D.S. Murach
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of fermentation technology and
sugar industries. phone (473) 255–37–32
E-mail: yzas2006@yandex.ru

Управление безопасностью продукции по системе ХАССП на примере свеклосахарного производства

Managing product safety system HACCP on the example of beet-sugar production

Реферат. Наиболее эффективной системой управления безопасностью производства пищевых продуктов во всех промышленно развитых странах мира признана система на основе принципов ХАССП. В России подтверждение соответствия систем ХАССП выполняется путём сертификации. Сущность системы ХАССП заключается в выявлении и контроле критических точек. Критическая контрольная точка – это этап технологического процесса, который подлежит контролю для идентификации опасного фактора и управления рисками с целью исключения производства небезопасной продукции. Внедрение системы ХАССП позволит ужесточить и скоординировать систему контроля качества, что обеспечит повышение конкурентоспособности вырабатываемой продукции на рынке сахара в России и за рубежом. На ранней стадии производства пищевой продукции система ХАССП позволяет предотвратить возникновение опасности. Она основана на профилактическом подходе к обеспечению качества и безопасности в ходе производственного процесса, а также может применяться при разработке новых видов продуктов. Система ХАССП основана на семи главных принципах, направленных на обеспечение выполнения и управление данной системой в производстве. 1. Создание рабочей группы в составе координатора и технического секретаря, а также различных консультантов. 2. Информация о сырье и продукции, в данном случае о сахарной свекле и сахаре-песке. 3. Информация о производстве. 4. Анализ рисков из имеющихся химических, физических и микробиологических факторов. Для определения критических контрольных точек в соответствии с полученными результатами по каждому фактору определяется по специальной диаграмме степень его учитываемости. Необходимость учета потенциально опасного фактора определяется в зависимости от того, в какую область он попал. 5. Производственная программа обязательных предварительных мероприятий при производстве сахара-песка. 6. Определение критических контрольных точек. 7. Оформление рабочих листов ХАССП. Показано, что использование ХАССП в свеклосахарном производстве обладает рядом преимуществ.

Summary. The most effective safety management system of food production in all industrialized countries in the world recognized by the system based on the principles of HACCP. In Russia, the conformity assessment carried out by the HACCP system certification. The essence of the HACCP system is to identify and control the critical points. Critical Control Point – this is the stage of the process, which is subject to control for hazard identification and risk management in order to avoid the production of unsafe products. Implementation of HACCP system allows to tighten and coordinate the quality control system, which will improve the competitiveness of the products produced in the sugar market in Russia and abroad. In the early stages of food production HACCP system to prevent the occurrence of danger. It is based on the preventive approach to ensuring quality and safety in the production process, and can also be used in the development of new products. HACCP system is based on seven main principles to ensure the implementation and management of the system in production. 1. Creation of a working group of the coordinator and the technical secretary and various consultants. 2. Information on materials and products, in this case of sugar beet and sugar. 3. Information about the production. 4. Risk analysis of the available chemical, physical and microbiological factors. To determine the critical control points according to the results obtained for each factor is determined by a special chart the extent of its accounting. The need to consider the potential hazard is determined by the order in which area it has got. 5. The production program of mandatory preliminary activities in the production of sugar. 6. Determination of critical control points. 7. Making worksheets HACCP. It is shown that the use of HACCP in sugar beet production has several advantages.

Ключевые слова: ХАССП, Критическая контрольная точка, безопасность продукции, свеклосахарное производство

Keywords: HACCP, Critical Control Point, the safety of products, beet-sugar production

Одним из основных критериев конкурентоспособности предприятия на мировом рынке в условиях вступления России в ВТО является качество и безопасность выпускаемой продукции. Наиболее эффективной системой управления безопасностью производства пищевых продуктов во всех промышленно развитых странах мира при-

знана система на основе принципов ХАССП (в английской транскрипции HACCP – «Hazard Analysis and Critical Control Points» – анализ рисков и контроль критических точек). В России подтверждение соответствия систем ХАССП выполняется путём сертификации.

© Голыбин В.А., Матвиенко Н.А.,
Федорук В.А., Мурач Д.С., 2015

Сущность системы ХАССП заключается в выявлении и контроле критических точек. Критическая контрольная точка (ККТ) – это этап технологического процесса, который подлежит контролю для идентификации опасного фактора и управления риском с целью исключения производства небезопасной продукции. Внедрение системы ХАССП позволит ужесточить и скоординировать систему контроля качества, что обеспечит повышение конкурентоспособности вырабатываемой продукции на рынке сахара в России и за рубежом.

На ранней стадии производства пищевой продукции система ХАССП позволяет предотвратить возникновение опасности. Она основана на профилактическом подходе к обеспечению качества и безопасности в ходе производственного процесса, а также может применяться при разработке новых видов продуктов.

Система ХАССП основана на семи главных принципах, направленных на обеспечение выполнения и управление данной системой в производстве [1]. Рассмотрим данные принципы применительно к свеклосахарному производству.

1. Создание рабочей группы

Для разработки и внедрения данной системы на предприятии требуется сформировать рабочую группу из сотрудников с различной специализацией, обладающих соответствующими знаниями о конкретной продукции, опытом работы, а также способом разработки эффективного плана по внедрению системы на исследуемом предприятии. В состав сформированной рабочей группы должны входить координатор и технический секретарь, а также различные консультанты.

2. Информация о сырье и продукции

В данном разделе даются сведения о качественных показателях принимаемой сахарной свеклы [2], приводятся сведения о поставщиках. К упаковочным материалам требования также регламентируются стандартами [3–6].

Назначение сахара-песка по большей части питание человека. Сахар – стратегический пищевой продукт, представляющий собой практически чистую сахарозу. Под действием ферментов в человеческом организме происходит ее расщепление на глюкозу и фруктозу. В водных растворах сахарозы сладость ощущается уже при ее содержании около 0,4 %.

Сахароза необходима человеческому организму не только как источник энергии, но и как строительный материал для образования жира, гликогена, углеводов и белковых соединений. Сахароза необходима для повышения работоспо-

собности человека, укрепления центральной нервной системы (ЦНС), снятия усталости, работы мышц и обменных процессов. Ощущение человеком сладкого вкуса возбуждающе действует на ЦНС, а также обостряет зрение и слух. Недостаток сахарозы в человеческом организме отрицательно влияет на работу мозга, сердца и печени.

Основным сырьем для получения сахара в мире являются сахарная свекла (около 30 %) и сахарный тростник, растущий в тропических и субтропических районах. Для получения сахара-песка возможно применение других сахароносных растений таких, как сорго, пальма. Но для промышленного получения содержание целевого компонента (сахарозы) в них недостаточно.

Сырьем для отечественной сахарной промышленности является сахарная свекла и в ограниченном количестве тростниковый сахар-сырец [7].

Из действующего стандарта приводятся сведения по органолептическим, физико-химическим и микробиологическим показателям качества сахара-песка [8], содержанию токсичных элементов и пестицидов из СанПиН 2.3.2.1078–01 «Гигиенические требования безопасности пищевых продуктов и пищевой ценности».

Транспортировка упакованного сахара-песка осуществляется в крытых транспортных средствах или в контейнерах [9] согласно правилами перевозок грузов, применимых для транспорта определенного вида. Перевозка сахара-песка, направляемого в промышленную переработку, ведется без его упаковывания в специальных автомобилях-сахаровозах или железнодорожных хопперах-зерновозах.

Расфасовка сахара-песка в пакеты и их транспортирование проводится согласно стандартам [4, 10, 11].

По согласованию с потребителем сахар в ящиках из гофрированного картона с полиэтиленовыми пакетами можно перевозить автомобильным или железнодорожным транспортом в пределах отдельных регионов. Сахаровозы и контейнеры необходимо поддерживать сухими, без наличия щелей, с хорошо закрывающимися люками и дверями, с непротекающей крышей.

Запрещается перевозка сахара-песка в загрязненных вагонах, контейнерах или трюмах со следами ранее перевозившихся пахнущих и ядовитых грузов, а также загрязняющих грузов (например, известь или краска).

Оборудование для перевозки сахара перед его погрузкой должно быть тщательно очищено, в необходимых случаях промыто и продезинфицировано, на полы необходимо уложить бумагу или чистые бумажные обрезки, или другие материалы.

Острые выступающие части в железнодорожных вагонах необходимо обернуть тканью или бумагой.

При транспортировании сахара автомобилями мешки следует помещать на деревянные поддоны. При их отсутствии кузов застилают бумагой или брезентом. Укрывание также осуществляется брезентом.

Хранение упакованного сахара-песка происходит в отопляемых складах, неупакованного – в силосах.

Температура хранения сахара-песка должна быть не более 40 °С, а относительную влажность воздуха на уровне поверхности нижнего ряда упакованного сахара следует поддерживать не более 70 %, а при хранении неупакованного сахара-песка – не более 60 %.

Перед помещением сахара на хранение склады тщательно очищаются, проветриваются и просушиваются. Запрещается хранение сахара-песка вместе с другими материалами. Склады для хранения сахара-песка должны соответствовать санитарным требованиям.

3. Информация о производстве

Производственно–технологическая схема свеклосахарного производства представлена на рисунке 1.

4. Анализ рисков

Производится анализ рисков из имеющихся химических, физических и микробиологических факторов с учетом их краткой характеристики (таблица 1).

Риск по каждому потенциальному опасному фактору оценивается по методике анализа риска с помощью качественной диаграммы (рисунок 2). Опасные факторы для пищевых продуктов из СанПиН 2.3.2.1078–01 независимо от результатов оценки относят к учитываемым.



Рисунок 1. Производственно–технологическая схема

С учетом всех доступных источников информации, проводится оценка вероятности реализации опасных факторов, исходя из четырех возможных вариантов оценки: практически равно нулю – 1; незначительная – 2; значительная – 3; высокая – 4.

Таблица 1

Потенциально опасные факторы свеклосахарного производства

Физические опасные факторы							
Строительные материалы, осколки стекла, металлопри-меси	Отходы жизнедея-тельности персо-нала	Лич-ные вещи	Продукты износа оборудо-вания	Осадок (муть, карбонат кальция), вода	Элементы тех-нологического оснащения	Загрязне-ние сма-зочными материа-лами	Насекомые, птицы, гры-зуны и отходы их жизнедея-тельности
Микробиологические опасные факторы							
КМАФАнМ (мезо-фильно-аэробные, фа-культативно-анаэробные микроорганизмы)	Плесневые грибы, дрожжи	Бактерии группы ки-шечных палочек (ко-лиформы), в 1 г (БГКП)		Патогенные мик-роорганизмы, в том числе бакте-рии рода сальмо-нелла	Микотоксины (афлатоксины)		
Химические опасные факторы							
Элементы мою-щих средств	Элементы дезинфици-рующих средств	Элементы тех-нологических реагентов	Пести-циды	Радионуклиды	Токсичные элементы	Микотоксины	

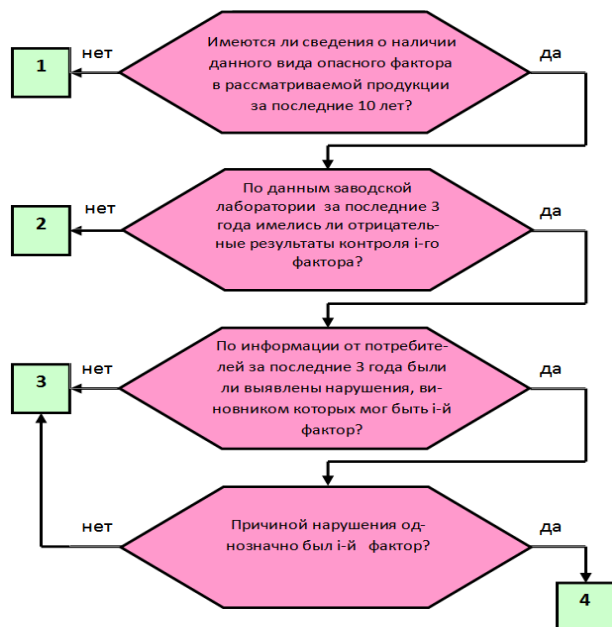


Рисунок 2. Алгоритм определения вероятности реализации i-го фактора

Далее экспертным путем оценивается тяжесть последствий реализации опасного фактора, исходя возможных вариантов оценки (рисунок 3).

Для определения критических контрольных точек в соответствии с полученными результатами по каждому фактору определяется по диаграмме (рисунок 4) его учитываемость.



Рисунок 3. Тяжесть последствий реализации опасного фактора

Необходимость учета потенциально опасного фактора определяется в зависимости от того, в какую область он попал.

Результаты анализа по каждому фактору приведены в таблице 2. Необходимость учета представлена в крайнем правом столбце. Полученные данные обобщены в таблице 3

Таблица 2

Выбор учитываемых опасных факторов для свеклосахарного производства

№ п/п	Наименование фактора	Вероятность реализации	Тяжесть последствий	Необходимость учета
1	Строительные материалы	2	2	—
2	Птицы, грызуны, насекомые и отходы их жизнедеятельности	1	3	—
3	Личные вещи	1	2	—
4	Отходы жизнедеятельности персонала	1	2	—
5	Элементы технологического оснащения	2	2	—
6	Продукты износа машин и оборудования	3	2	+
7	Металлопримеси	3	2	+
8	Осколки стекла	2	3	+
9.	Осадок (мут, карбонат кальция)	3	2	+
10	Вода	2	2	—
11	Загрязнение смазочными материалами	2	2	—
12.	Бумага и упаковочные материалы	3	2	+
13	Элементы моющих средств	2	2	—
14	Элементы дезинфицирующих средств	2	2	—
15	Элементы технологических реагентов	2	2	—
16	Пестициды	3	3	+
17	Токсичные элементы	3	3	+
18	Микотоксины	2	2	—
19	КМАФАнМ	2	3	+
20	БГКП	2	3	+
21	Дрожжи	2	3	+
22	Патогенные, в т. ч. сальмонеллы	2	3	+
23	Плесени	2	3	+

Таблица 3

Перечень учитываемых опасных факторов

№ п/п	Наименование фактора	Свеклосахарное производство
1	Продукты износа машин и оборудования	+
2	Осколки стекла	+
3	Металлопримеси	+
3	Бумага и упаковочные материалы	+
4	Пестициды	+
5	Токсичные элементы	+
6	КМАФАНМ	+
7	БГКП	+
8	Дрожжи	+
9	Патогенные, в т. ч. сальмонеллы	+
10	Плесени	+

5. Производственная программа обязательных предварительных мероприятий (ППОПМ) при производстве сахара–песка

С целью контроля опасных факторов были разработаны предупреждающие действия. Предупреждающие действия принимаются также в тех случаях, которые не являются критическими контрольными, но постоянный контроль за которыми необходим, так как при недостаточном контроле они могут привести к сбою технологического процесса.

К предупреждающим действиям относятся: контролирование качества исходного сырья; контролирование режимов производственно-технологического процесса; использование

металлоискателя; периодическое контролирование концентрации опасных веществ; мытье и дезинфицирование оборудования.

После анализа рисков формируется производственная программа обязательных предварительных мероприятий (таблица 4)

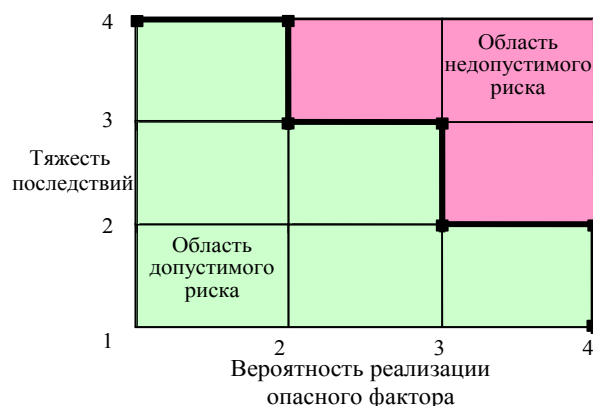


Рисунок 4. График зависимости вероятности реализации опасного фактора от тяжести последствий от его реализации

6. Определение ККТ

Анализ наличия ККТ в технологическом процессе проводится с учетом требований Сан-ПиН 2.3.2.1078–01 и с помощью блок-схемы, представленной на рисунке 5.

По каждому учитываемому опасному фактору пример результатов анализа представлен в таблице 5. Графы в таблице остаются пустыми, если дальнейший анализ наличия ККТ не требуется, то есть ККТ уже выявлена или её наличие невозможно.

Таблица 4

Производственная программа обязательных предварительных мероприятий

Номер операции в схеме	Наименование операции	Учитываемый опасный фактор	Контролируемые признаки (процедуры мониторинга)	Предупреждающие действия (коррекция или корректирующие действия)
4	Резание свеклы в стружку	Физические опасные факторы: в стружке обнаружены продукты износа оборудования (свеклорезок)	Состояние ножей: материал, признаки износа	Своевременная замена ножей, их правильная заточка
13	Сушка и охлаждение сахара-песка	Физические опасные факторы: наличие стекла	Состояние осветительной арматуры. Анализ примесей на виброконвейере белого сахара	Исключение наличие стеклянной посуды в сушильно-охлаждающем отделении. Отсутствие в конструкции оборудования хрупких материалов – пластмассы, стекла
14	Упаковка сахара-песка	Физические опасные факторы: посторонние примеси в сахаре (нитки, ворс)	Качество упаковочного материала	Тщательный контроль при приемке упаковочных материалов

Определение ККТ в технологическом процессе свеклосахарного производства

№ операции	Шаг процесса	Опасный фактор	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	ККТ
1	Доставка свеклы в завод, входной контроль	Пестициды	+	+			ККТ1
		Токсичные элементы	+	+			ККТ2
2	Отделение примесей и мойка свеклы	Металлические примеси	+	+			ККТ3
3	Резание свеклы в стружку	Физические опасные факторы: продукты износа оборудования (свеклорезок)	+	–	+	–	ППОПМ1
...							
10	Контроль качества сиропа перед кристаллизационным отделением	Физические опасные факторы: муть, карбонат кальция	+	+			ККТ4
13	Сушка и охлаждение белого сахар	Физические опасные факторы: осколки стекла	+	–	+	–	ППОПМ2
14	Упаковка и хранение	Физические опасные факторы: бумага и упаковочные материалы	+	–	+	–	ППОПМ3
15	Контроль качества готовой продукции	Микробиологические опасные факторы	+	+			ККТ5
		Химические опасные факторы: пестициды, токсичные элементы	+	+			ККТ6

7. Оформление рабочих листов ХАССП

На последнем этапе составляется рабочий лист, в котором представлена детальная информация по выявлению опасного фактора на каж-

дой стадии технологического процесса с указанием его критических пределов, процедуры мониторинга, действий по устранению и документа в который заносятся показания (таблица 6).

Таблица 6

Рабочий лист ХАССП (пример)

Наименование продукции Сахар–песок/Наименование технологического процесса: производство сахара–песка из свеклы (пример)						
Шаг процесса	ККТ №	Опасный фактор	Контролируемый параметр, критические пределы	Процедура мониторинга	Действия по устранению отклонения	Документация
1	2	3	4	5	6	7
Доставка свеклы в завод, входной контроль	ККТ1	Химический опасный фактор: пестициды	Пестициды в свекле: ГХЦГ, ДДТ и его метаболиты), не более 0,1 мг/кг (ТР ТС 021/2011 или СаНПиН 2.3.2.1078–01)	От каждого хозяйства принимают сахарную свеклу только по предъявлению протоколов испытаний на токсичные элементы свеклодатчика 2 раза в сезон в аккредитованной лаборатории	Внеочередное проведение обследования при неудовлетворительном анализе	Журнал учетных документов № 2
	ККТ2	Химический опасный фактор: токсичные элементы: свинец, мышьяк, кадмий, ртуть	Свинец – не более 0,5 мг/кг, мышьяк – не более 0,2 мг/кг, кадмий не более 0,03 мг/кг, ртуть: не более 0,02 мг/кг (ТР ТС 021/2011 или СаНПиН 2.3.2.1078–01)	Принимают сахарную свеклу только по предъявлению протоколов испытаний на токсичные элементы свеклодатчика от каждого хозяйства 2 раза в сезон в аккредитованной лаборатории	Внеочередное проведение обследования при неудовлетворительном анализе	Журнал учетных документов № 2
Отделение примесей и мойка свеклы	ККТ3	Физический опасный фактор: металлические примеси в сахарной свекле	Не допускаются	Проверка магнитной силы электромагнитного сепаратора, количество уловленных металлических примесей, 1 раз в смену	Ремонт или замена электромагнитного сепаратора, повторная обработка корней	Журнал учета металлических примесей

1	2	3	4	5	6	7
Контроль качества сиропа перед кристаллизационным отделением	ККТ4	Физический опасный фактор: муть, карбонат кальция	Содержание взвешенных частиц – не более 30–40 мг/дм ³ (Технологическая инструкция по переработке сахарной свеклы)	Определение прозрачности, цветности и светопропускания сиропа	Проверка работы фильтров, повторное фильтрование сиропа	Журнал производственно – технологического контроля
Контроль качества готовой продукции	ККТ5	Микробиологический опасный фактор	КМАиФАМ – не более 1,0 x 10 ³ КОЕ в 1 г Плесневые грибы – не более 1,0 x 10 ³ КОЕ в 1 г БГКП, патогенные микроорганизмы, сальмонеллы – не допускаются (ТР ТС 021/2011 или СанПиН 2.3.2. 1078–01)	Испытания в аккредитованной лаборатории, не реже 1 раза в квартал	Изъятие, переработка	Журнал контроля показателей качества и безопасности готовой продукции

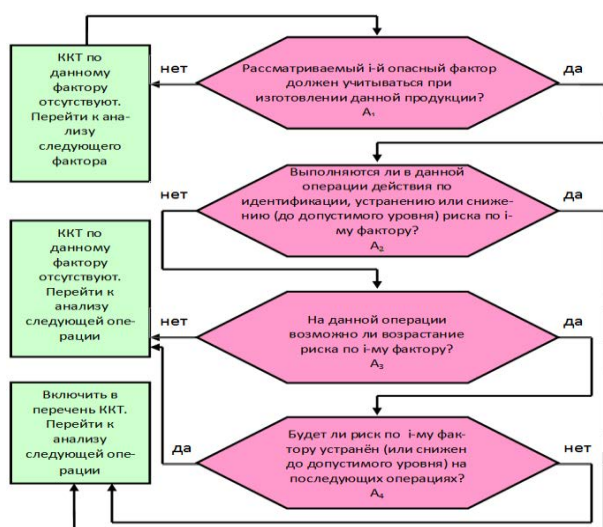


Рисунок 5. Анализ наличия ККТ в технологическом процессе

Использование ХАССП в свеклосахарном производстве имеет следующие преимущества: повышение уровня менеджмента сахарного завода; получение маркетинговых преимуществ; появление персонала, обученного методам управления качеством; эффективный подбор профессиональных кадров и развитие у персонала осознанного отношения к обеспечению качества продукции; повышение производительности труда благодаря снижению непроизводственных затрат; снижение издержек и как следствие, уменьшение оптовых и розничных цен; рост прибыли; увеличение темпов внедрения различных усовершенствований; привлечение новых потребителей; закрепление потребителей; обеспечение качества и безопасности продукции; повышение престижа предприятия, снижение предпринимательских рисков; увеличение доли предприятия на рынке; выход на зарубежные рынки.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Последова Ю.И., Громковский А.И., Жарикова Н.Н. Внедрение систем менеджмента безопасности на предприятиях сахарной отрасли // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 4 (5). С. 112.
- 2 ГОСТ Р 52647–2006. Свекла сахарная. Технические условия. Введен 01.01.2009. М.: Стандартинформ, 2008. 6 с.
- 3 ГОСТ 30090–93. Мешки и мешочные ткани. Общие технические условия. Введен 01.01.1995. Минск: Издательство стандартов, 1994. 30 с.
- 4 ГОСТ 19360–74. Мешки-вкладыши пленочные. Общие технические условия. Введен 01.01.1975. М.: Издательство стандартов, 1974. 7 с.

5 ГОСТ 23285–78. Пакеты на плоских поддонах. Продукты и стеклянная тара. Технические условия. Введен 01.01.1980. М.: Издательство стандартов, 1978. 11 с.

6 ГОСТ 2226–2013. Мешки из бумаги и комбинированных материалов. Общие технические условия. Введен 01.07.2014. М.: Стандартинформ, 2013. 37 с.

7 Эффективность завершающей стадии очистки диффузионного сока [Текст] / В.А. Голыбин [и др.] // Сахар. 2012. № 9. С. 30–33.

8 ГОСТ 21–94. Сахар-песок. Технические условия. Введен 01.01.1997. М.: Издательство стандартов, 1978. 13 с.

9 ГОСТ 18477–79. Контейнеры универсальные. Типы, основные параметры и размеры. Введен 01.01.1980. М.: Издательство стандартов, 1979. 12 с.

10 ГОСТ 24597–81. Пакеты тарно-штучных грузов. Основные параметры и размеры. Введен 01.07.1982. М.: Издательство стандартов, 1981. 3 с.

11 ГОСТ 26663–85. Пакеты транспортные. Формирование с применением средств пакетирования. Общие технические требования. Введен 01.07.1986. М.: Издательство стандартов, 1981. 7 с.

REFERENCES

1. Posledova Yu. I., Gromkovsky A.I., Zharikova N.N. The introduction of safety management systems at the sugar industry. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom* [Economy. Innovation. Quality control]. 2013, no. 4 (5), pp. 112. (In Russ.).

2. GOST R 52647–2006. Svekla saharnaya. *Tekhnicheskie usloviya* [Beet sugar. Technical conditions]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 6 p. (In Russ.).

3. GOST 30090–93. Meshki i meshochnyie tkani. *Obschie tekhnicheskie usloviya*. [Sacks and fabric for bags. General specifications]. Minsk, Izdatel'stvo standartov publ., 1994. 30 p. (In Russ.).

4. GOST 19360–74. Meshki-vkladyishi plenochnyie. *Obschie tekhnicheskie usloviya*. [Film liner-bags. General specifications]. Moscow, Izdatel'stvo standartov publ., 1974. 7 p. (In Russ.).

5. GOST 23285–78. Paketyi na ploskih poddonah. *Produktyi i steklyannaya tara. Tekhnicheskie*

usloviya [Transportation packages for food products and glass containers. Specifications]. Moscow, Izdatel'stvo standartov publ., 1978. 11 p. (In Russ.).

6. GOST 2226–2013. Meshki iz bumagi i kombinirovannyih materialov. *Obschie tekhnicheskie usloviya* [Bags made of paper and composite materials. General specifications] Moscow, Standartinform Publ., 2013. 37 p. (In Russ.).

7. The effectiveness of the final stages of juice purification / V.A. Golybin [and other] // *Sugar*. [Sahar]. 2012, no. 9, pp. 30–33. (In Russ.).

8. GOST 21–94. Sahar-pesok. *Tekhnicheskie usloviya* [Granulated sugar. Specification] Moscow, Izdatel'stvo standartov publ., 1978. 13 p. (In Russ.).

9. GOST 18477–79. Konteyneryi universalnyie. *Tipyi, osnovnyie parametryi i razmeryi* [Universal containers. Types, basic parameters and dimensions] Moscow, Izdatel'stvo standartov publ., 1979. 12 p. (In Russ.).

10. GOST 24597–81. Paketyi tarно-shtuchnyih грузов. *Osnovnyie parametryi i razmeryi* [Unitized tared and piece goods cargoes. Main parameters and dimensions] Moscow, Izdatel'stvo standartov publ., 1981. 3 p. (In Russ.).

11. GOST 26663–85. Paketyi transportnyie. *Formirovanie s primeneniem sredstv paketirovaniya. Obschie tekhnicheskie trebovaniya* [Transport packets. Formation by packaging means. General technical requirements] Moscow, Izdatel'stvo standartov publ., 1981. 7 p. (In Russ.).

УДК 339.137.2:339.372.8

Профессор Н.А. Серебрякова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра теории экономики, товароведения и торговли.
тел. 7(473)255-63-47

E-mail: nad.serebryakova@mail.ru

профессор С.В. Семененко

(Воронежский институт кооперации (филиал) БУКЭП) кафедра товароведно-технологических дисциплин, маркетинга и менеджмента. тел. + 7(473) 264-10-83

E-mail: vik-direktor@bukep.ru

доцент Н.В. Грищенко

(Воронежский институт кооперации (филиал) БУКЭП) кафедра экономики.
тел. +7(473) 263-10-98

E-mail: 294394@mail.ru

Professor N.A. Serebryakova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of the theory of economy, merchandizing and trade. phone 7 (473)255-63-47

E-mail: nad.serebryakova@mail.ru

professor S.V.Semenenko

(Voronezh institute of cooperation (branch) of BUKEP) Department of merchandizing-technological disciplines, marketing and management. phone + 7 (473) 263-10-83

E-mail: vik-direktor@bukep.ru

(Voronezh institute of cooperation (branch) of BUKEP) Department of economy.
phone + 7 (473) 263-10-98

E-mail: 294394@mail.ru

Структуризация конкурентного потенциала торговой организации

Structurization of competitive capacity of trade organization

Реферат. Современный потребительский рынок характеризуется комплексом имманентных тенденций развития, отражающих специфику присущих ему конкурентных отношений. Данные тенденции развития конкурентной среды потребительского рынка во многом обусловлены состоянием и степенью использования конкурентного потенциала функционирующих на данном рынке организаций. Это очевидное обстоятельство вызывает необходимость комплексного научного исследования конкурентного потенциала торговых организаций, в том числе его структуры, для определения перспектив его устойчивого стратегического развития. Имманентные свойства конкурентного потенциала торговой организации позволили детально изучить его структуру, посредством содержательного обзора существующих вариантов ее представления и их систематизацией по видовому, элементному и системному признакам. В развитие видовой структуры конкурентного потенциала предложено ее дополнение коммерческим, технологическим, коммуникационным, потребительским и имиджевым потенциалами, отражающими функционально-отраслевую специфику деятельности торговой организации. Система элементов конкурентного потенциала торговой организации дана по его структурообразующим видам. Обосновано, что данные элементы не характеризуются строгим распределением по видам потенциалов, а отдельные из элементов являются универсальными, приемлемыми для одновременного использования при формировании всех видов потенциала. Выделение системного признака структуризации конкурентного потенциала основывалось на положении о том, что «системность» должна обеспечиваться не столько иерархией соподчиненности видов и элементов потенциала, их взаимосвязями, сколько возможностью учета различных классификационных признаков, позволяющих типизировать конкурентный потенциал как системную целостность, безотносительно к его отдельным видам. Таковыми признаками явились стадия востребованности и уровень использования в экономической деятельности, экономическая целесообразность существования нереализованного потенциала, природа происхождения.

Summary. The modern consumer market is characterized by a complex of immanent tendencies of development, the competitive relations reflecting specifics inherent in it. These tendencies of development of the competitive environment of the consumer market are in many respects caused by a state and extent of use of competitive capacity of the organizations functioning in this market. This obvious circumstance causes the necessity of complex scientific research of competitive capacity of trade organizations, including its structures, for definition of prospects of its sustainable strategic development. Immanent properties of competitive capacity of trade organization allowed to study in detail its structure, by means of the substantial review of the existing options of its representation and their systematization on specific, element and system signs. In development of specific structure of competitive potential its addition commercial, technological, communication, consumer and image the potentials reflecting functional and branch specifics of activity of trade organization is offered. The system of elements of competitive capacity of trade organization is given by its structure-forming types. It is proved that these elements aren't characterized by strict distribution by types of potentials, and separate from elements are universal, accepted for simultaneous use when forming all types of potential. Allocation of a system sign of structurization of competitive potential was based on situation that "systemacity" has to be provided not so much with hierarchy of hierarchy of types and elements of potential, their interrelations, how many possibility of the accounting of various classification signs allowing to typify competitive potential as system integrity, regardless of its separate types. Those signs were the stage of a demand and level of use in economic activity, economic feasibility of existence of unrealized potential, the origin nature.

Ключевые слова: конкурентный потенциал, структура, виды, ресурсы, элементы, преимущества.

Keywords: competitive potential, structure, types, resources, elements, advantages.

© Серебрякова Н.А., Семененко С.В.,
Грищенко Н.В., 2015

Конкурентный потенциал организации в силу подверженности влиянию широкой совокупности факторов различной природы, обуславливающих сложность его формирования и многокомпонентность слагаемых, представляет собой экономическое явление системного порядка. Это означает, что конкурентный потенциал может выступать объектом структуризации, т.е. разделения на составляющие его виды по различным основаниям, которые для исследователей выступают ключевыми при решении задачи обоснования его структуры [5].

Согласно нашей исследовательской гипотезе о незавершенности теоретической разработки не только конкретных видов потенциала, но и подходов к обоснованию его структуры, мы попытаемся доказать, что представление структуры конкурентного потенциала организации характеризуется не меньшим разнообразием, чем трактовка его сущности.

В порядке доказательства этой гипотезы рассмотрим варианты определения структуры конкурентного потенциала, разработанные в трудах отечественных исследователей, с систематизацией, согласно принципу «от частного к общему» (в порядке усложнения представления структуры), посредством выделения трех признаков систематизации: видового, элементного, системного.

Первым вариантом определения структуры конкурентного потенциала организации является выделение слагаемых его видов. Искусственное разделение трудового и производственного потенциала в данном случае, на наш взгляд, неоправданно, поскольку трудовые ресурсы являются собой неотъемлемую часть производственных ресурсов организации. Кроме того, подобная структура конкурентного потенциала нам представляется слишком упрощенной.

Виды конкурентного потенциала по мнению Ерохина Д.В. и Галушко Д.В. определяются рыночным, производственным, финансовым, организационным, инновационным, сбытовым, социальным потенциалом [3].

С таким составом видов потенциалов в целом можно согласиться, за исключением того, что сбыт – одна из функций производственной деятельности в рыночной среде, а, следовательно, выделение сбытового потенциала, наряду с производственным и рыночным потенциалами, на наш взгляд, является излишним.

Юлдашева О.У. представляет конкурентный потенциал маркетинговым, рыночным,

инновационным, творческим и ресурсным потенциалами [10].

Данный вариант структуры потенциала вызывает у нас сомнение по двум причинам. Во-первых, маркетинговый потенциал может быть как внутренним (внутриорганизационным), так и внешним, формируемым окружающей рыночной средой и реализуемым в ней, а, следовательно, представление маркетингового и рыночного потенциалов как однопорядковых, самостоятельных видов конкурентного потенциала организации нуждается в дополнительных пояснениях.

Отличие подхода Аренкова И.А., Салиховой Я.Ю. и Гавриловой М.А. к определению структуры конкурентного потенциала предприятия выступает то, что авторы не ограничиваются лишь набором его видов и их характеристикой, как это свойственно многим другим исследователями, а дают обоснование взаимосвязей видов потенциала между собой. По мнению авторов основными видами конкурентного потенциала предприятия являются: маркетинговый, рыночный, инновационный, творческий, ресурсный и строят модель конкурентного потенциала, отображающую их взаимосвязи [1].

Обоснование данных взаимосвязей раскрывается следующими положениями. На конкурентный потенциал оказывают влияние маркетинговый, инновационный, ресурсный и творческий потенциалы, которые формируют внутренние конкурентные возможности предприятия. Эти потенциалы находятся во взаимосвязи друг с другом, так что творческий потенциал непосредственно влияет на инновационный в области генерирования и предложения новых идей по поводу создания новых товаров и технологий; на маркетинговый потенциал как источник новых творческих решений в области коммуникационной политики, способы продвижения товаров и услуг, формирования долгосрочных отношений с клиентами и потребителями компании. Ресурсный потенциал формирует материальную базу для развития маркетингового и инновационного потенциалов и нематериальную базу в качестве человеческих ресурсов на творческий потенциал [1].

Для обоснования наших выводов по итогам рассмотрения вариантов структуризации конкурентного потенциала организации по видовому признаку представим их в табличной форме (таблица 1).

Анализ видового состава конкурентного потенциала организации в работах отдельных отечественных исследователей

Виды конкурентного потенциала	Представленность видов потенциала в работах исследователей						
	Завьялов П.С.	Иванов И., Левина В., Михальская В.А.	Ерохин Д.В., Галушко Д.В.	Юлдашева О.У.	Андреев А.Г.	Аренков И.А., Салихова Я.Ю., Гаврилова М.А.	Медведева О.М., Баранова А.В.
производственный	+		+		+		+
рыночный			+	+		+	
маркетинговый				+		+	+
социальный			+		+		
творческий				+		+	
научно-технический	+				+		+
организационный		+	+				+
предпринимательский		+					
трудовой	+						
инновационный			+	+	+	+	+
финансовый	+		+				
материальный		+					
коммерческий		+					
сбытовой			+				
рыночно-сбытовой					+		
организационно-управленческий					+		
финансово-экономический					+		
кадровый							+
ресурсный				+		+	
информационный		+					+
инновационно-образовательный							+
человеческий		+					

Содержание таблицы наглядно показывает, что из 22 видов конкурентного потенциала организации, встречающихся в изученных нами работах отечественных исследователей, доминирующие позиции по частоте включенности принадлежат инновационному потенциалу. Наиболее частой представленностью в авторских составах структуры конкурентного потенциала организации также характеризуются производственный, маркетинговый, рыночный, научно-технический, организационный и финансовый потенциалы, а остальные виды потенциалов в трудах отечественных исследователей встречаются реже [6].

Обращает на себя внимание, что включение ресурсного потенциала в структуру конкурентного потенциала организации, несмотря

на отождествление этих потенциалов, во многих трактовках является довольно редким. По нашему мнению, это можно объяснить двумя обстоятельствами: наличием в приведенном перечне видов потенциала производственного потенциала, традиционно представляемого видами производственных ресурсов; включенностью в перечень в качестве самостоятельных таких видов ресурсов, как трудовые (кадровые, человеческие), финансовые, материальные, информационные и др.

В целом же следует признать, что, несмотря на достаточно широкое разнообразие видов потенциалов, составляющих конкурентный потенциал организации, их перечень не является исчерпывающим. В данном случае мы имеем в виду то, что в изученных

нами вариантах структуризации конкурентного потенциала по видовому признаку, отсутствуют виды потенциалов, отражающие функционально-отраслевую специфику деятельности торговой организации.

Это позволяет нам предложить дополнение структуры конкурентного потенциала

торговой организации коммерческим, технологическим, коммуникационным, потребительским и имиджевым потенциалами. Элементный состав этих видов мы рассмотрим ниже, здесь же считаем целесообразным пояснить схему взаимосвязи указанных видов потенциалов (рисунок 1).

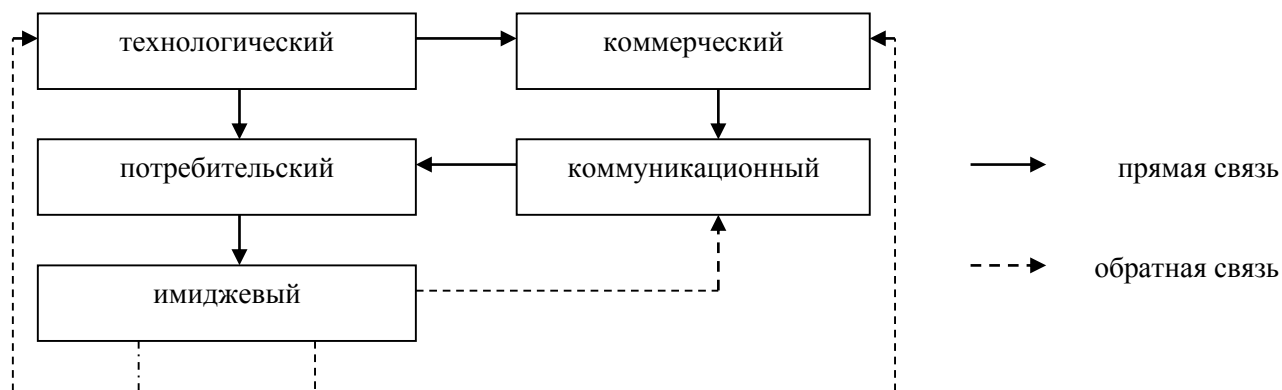


Рисунок 1. Взаимосвязь видов потенциалов, формирующих конкурентный потенциал торговой организации по видовому признаку его структуризации

Связи приведенных на рисунке потенциалов мы обосновываем следующими положениями. Технологический потенциал торговой организации формирует возможности и способности, в частности, технологий торгового обслуживания потребителей, априори не являющихся стабильными. Мотиваторами их постоянного совершенствования выступают расширение потребностей потребителей, выявляемое при проведении исследований потребительского поведения; передовой опыт конкурентов, выявляемый при проведении бенчмаркинга, а также многочисленные другие обстоятельства.

Получение этих результатов требует установления системы устойчивых коммуникационных взаимоотношений торговой организации со всеми контрагентами по товарно-денежному обмену, реализуемых с помощью коммуникационного потенциала. Особое значение коммуникационный потенциал приобретает для установления отношений с потребителями в части воздействия на их потребительское поведение посредством транслируемой коммуникациями информации о товарах и торговой организации, стимулирования потребителей к принятию решения о покупке товаров.

Логичным представляется выделение потребительского потенциала, по сути, характеризующего целевой контингент потребительской аудитории, лояльной к торговой организации, у которого сложились устойчивое ее позитивное восприятие, деловая репутация, составляющие

имиджевый потенциал торговой организации [2].

Имиджевый потенциал взаимосвязан с технологическим, коммуникационным и коммерческим капиталами связями обратного порядка, что, на наш взгляд, можно аргументировать обратными сигналами потребительского рынка о степени удовлетворенности потребителей товарами и торговым обслуживанием. В случае снижения удовлетворенности торговая организация вынуждена изменять технологии торгового обслуживания, вводить инновационные элементы в коммерческую деятельность, разрабатывать новые способы коммуникационного воздействия на целевых потребителей, а в целом – на институциональную среду местного сообщества для поддержки и укрепления своего имиджа [6].

Подчеркнем, что предлагаемые нами дополнения видовой структуры конкурентного потенциала торговой организации не отражают его ресурсную компоненту. Это не означает, что мы отрицаем ее наличие в структуре потенциала, так как без наличия ресурсов невозможно осуществлять экономическую деятельность как таковую.

Вместе с тем, практика показывает, что даже относительное равенство объема наличных ресурсов у двух аналогичных организаций не выступает обязательным условием для такого же относительного равенства эффективности использования их потенциалов, не обеспечивает равенство конкурентных позиций. Доказать данное утверждение можно на примере

двух торговых организаций, одна из которых осуществляет торговое обслуживание потребителей в его традиционной форме, в стационарной розничной торговой сети, а вторая – с дополнением этой формы электронными продажами. Очевидно, что конкурентные позиции второй торговой организации будут более устойчивыми, так как компенсируют возможное сокращение объема продаж в стационарной торговой сети за счет роста продаж в виртуальной среде, при том, что для этого роста потребуются меньше ресурсов, чем для обеспечения роста продаж в магазинах [7].

Таким образом, мы считаем, что ресурсный потенциал торговой организации будет конкурентоспособным только в случае его использования как фактора конкуренции, для чего требуется постоянное сопоставление собственных конкурентных позиций торговой организации с позициями конкурентов.

Элементный признак структуризации у исследователей конкурентного потенциала получил более широкое признание, чем видовой, что мы докажем посредством обзора вариантов представления структуры потенциала по этому признаку.

Так, Попов Е.Е. включает в структуру конкурентного потенциала семь элементов: экономический потенциал и эффективность деятельности (активы, основной капитал, собственный и заемный капитал, объем продаж, доля на рынке, прибыль); уровень управления (формы организации и опыт функционирования элементов хозяйственного механизма с позиций нововведений и ответственности); производственный и сбытовой потенциалы, указывающие на возможность фирмы производить и реализовывать ту или иную продукцию в требуемых количествах, в необходимые сроки (наличие сырьевой базы; производственная и сбытовая мощность; объем и направления капиталовложений, определяющих производственную политику и т.д.); научно-исследовательский потенциал (организация и направления научных исследований, ежегодные расходы на НИОКР, число патентов на изобретения, область патентования, оценка возможности занятия фирмой национального положения в какой-либо области техники и т.д.); финансовые предпочтения (платежеспособность, кредитоспособность, условия кредитования, структура капитала – отношение собственного потенциала к общей сумме активов и т.д.); репутация фирмы, ее рыночная стратегия, инновационная деятельность; состояние и квалификация трудовых ресурсов.

Не все составляющие в приведенном варианте обоснования структуры конкурентного потенциала, на наш взгляд, соответствуют сути потенциала как такового. Например, эффективность деятельности является собой результат реализации потенциала; уровень управления характеризует иерархичность структуры управления, но не потенциал; финансовые предпочтения определяют ориентиры финансовой политики, а по их элементному составу сведены к показателям характеристикам и условиям формирования финансового состояния организации; объединение репутации фирмы, ее рыночной стратегии и инновационной деятельности (при том, что самостоятельно выделен научно-исследовательский потенциал) не позволяет установить объединяющий их признак.

Федонин О.С., Репина И.М. и Олесюк О.И. полагают, что потенциал предприятия следует разделять на субъектные и объектные составляющие. Объектные составляющие связаны с материально-вещественной и личной формой потенциала, потребляются и воссоздаются в той или иной форме в процессе функционирования: инновационный, производственный, финансовый, потенциал и потенциал воссоздания. Субъектные составляющие связаны с общественной формой их выявления, не потребляются, а представляют предпосылку, общеэкономический фактор рационального потребления объектных составляющих потенциала: научно-технический, управленческий, маркетинговый потенциал, потенциал организационной структуры управления [9].

Положительно оценивая выделение субъектной и объектной компонент потенциала предприятия и не оспаривая их видового состава, на наш взгляд, считаем дискуссионной характеристику самих субъектной и объектной составляющих потенциала. В частности, в характеристике объектной компоненты не учтены стадии формирования видов потенциала, а отражены только стадии его использования (потребления) и развития (воссоздания). В субъектной компоненте потенциала сомнительно, по нашему мнению, отрицание потребления его видов, особенно по отношению к маркетинговому и научно-техническому потенциалам. Они создаются, так же, как и другие виды потенциала, за счет ресурсов, а, следовательно, эти ресурсы потребляются в процессе хозяйственной деятельности предприятия.

Салихова Я.Ю. придерживается видовой структуры конкурентного потенциала, предложенной Юлдашевой О.У. (приведенной выше), т.е. выделения маркетингового, рыночного,

инновационного, творческого и ресурсного потенциалов, с тем лишь отличием, что обосновывает виды потенциала факторами его формирования, с выделением показателей, характеризующих конкурентоспособность [5] маркетинговым, рыночным, инновационным, творческим и ресурсным потенциалами.

По поводу этого варианты структуры конкурентного потенциала организации мы уже давали выше комментарии.

В отношении же элементного состава видов потенциала заметим, что организационный потенциал, представленный как однопорядковый с финансовым, производственным и кадровым потенциалами в составе ресурсного потенциала, скорее, характеризует не организационные, а управленческие ресурсы. Об этом можно судить по составу наполняющих «организационный» потенциал элементов: «организационная структура, ноу-хау в области управления, первоклассные информационные системы, способность быстро реагировать на изменяющиеся рыночные условия, компетентность в управлении» [5].

Таким образом, результаты содержательного обзора вариантов структуризации конкурентного потенциала организации по элементному признаку показывают столь значительное расхождение состава элементов, слагающих тот или иной

вид потенциала, что сложно согласиться с каким-либо одним вариантом их определения.

В нашем исследовании, в соответствии с выше обоснованной необходимостью дополнения видов конкурентного потенциала торговой организации технологическим, коммерческим, коммуникационным, потребительским и имиджевым потенциалами, состав образующих их элементов представлен следующим образом (таблица 2).

Из приведенного состава элементов формирования предлагаемых нами дополненных видов конкурентного потенциала торговой организации не следует, что данные элементы имеют характер строгого распределения по видам потенциалов. Напротив, отдельные из элементов являются универсальными, приемлемыми для одновременного использования при формировании всех видов потенциала.

В частности, правомерно, на наш взгляд, учитывать объективное существование технологий коммуникационного взаимодействия, технологий удовлетворения потребностей потребителей, технологий формирования имиджа торговой организации и т.д.

Перечень элементов формирования видов конкурентного потенциала имеет «открытый» характер, может и должен подлежать дополнениям. При определении состава элементов мы ограничились наиболее важными из них.

Таблица 2

Состав элементов конкурентного потенциала торговой организации в разрезе формирующих его видов потенциалов (элементный признак структуризации конкурентного потенциала)

Виды конкурентного потенциала торговой организации	Элементы формирования
технологический	технологии, обеспечивающие реализацию торгово-технологического процесса и торгового обслуживания потребителей (формы, способы и методы), технологии управления торговой деятельностью организации, технологии менеджмента, технологии маркетинговых коммуникаций, технологии связей с общественностью и т.д.
коммерческий	хозяйственные связи с товаропроизводителями, торговыми посредниками, взаимоотношения с фискальными органами и контролирующими торговую деятельность структурами, торговые операции (закупка товаров, хранение, сортировка, фасовка, товарная подработка, продажа, расчеты с поставщиками, посредниками и потребителями), ресурсы (основные и оборотные средства, трудовые ресурсы) и т.д.
коммуникационный	маркетинговые коммуникации, в том числе интегрированные, информация об организации, товарах и услугах, взаимоотношения с контрагентами по товарно-денежному обмену (поставщиками и потребителями товаров, торговыми посредниками), со средствами массовой информации, общественностью, органами исполнительной власти и т.д.
потребительский	целевой контингент потребителей, их покупательная способность, отношение потребителей к торговой организации и ее предпочтительность в сравнении с конкурентами, лояльность, доверие и приверженность потребителей к торговой организации, отношения с общественными организациями по защите прав потребителей и т.д.
имиджевый	деловая репутация и имидж торговой организации, бренды организации и товаров, товарные знаки, логотипы, слоганы, фирменный стиль, позитивное отношение субъектов целевого потребительского рынка к торговой организации, включая институциональные структуры его регулирования, культура и качество торгового обслуживания и т.д.

Третьим признаком структуризации конкурентного потенциала организации, как было заявлено выше, мы определяем системный признак. Уместно подчеркнуть, что попытки системного представления структуры конкурентного потенциала предпринимаются многими исследователями. Системный характер структуры конкурентного потенциала организации у нас не вызывает сомнений, но такой вариант структуры, на наш взгляд, требует доработки в части раскрытия «факторных» элементов внутренней среды и внешней среды прямого воздействия.

Можно предположить, что существуют также факторы внешней среды косвенного воздействия, но они не включаются в состав подсистем структуры конкурентного потенциала. Кроме того, включение подсистемы конкурентных стратегий «выходит за рамки» признака разделения среды формирования конкурентного потенциала, проникая в область стратегического управления предприятием.

Кроме того, в экономической литературе встречается подход к обоснованию системного строения структуры конкурентного потенциала торгового предприятия, предпринимающий попытку объединения состава его ресурсной компоненты (по видам ресурсов) и состава способностей предприятия, представляющих его стратегический потенциал [8]. В этом подходе виды ресурсов обоснованы как объединение возможностей функционирования торгового предприятия, достижения стратегических целей его деятельности и определены следующим составом:

технические ресурсы (особенности оборудования, инвентаря, транспортных средств, необходимых материалов и т.д.);

технологические ресурсы (динамичность технологий, использование новых идей, разработки по оптимизации затрат и т.д.);

кадровые ресурсы (квалификация, демографический состав работников, их способность адаптироваться к сменам приоритетов в развитии предприятия);

ресурсы площади (объем торговой площади, возможность расширения, коммуникации и т.д.);

ресурсы организационной структуры системы управления (характер и гибкость управляющей системы);

информационные ресурсы (характер информации о внутренних возможностях предприятия и внешнего окружения, возможности ее увеличения, рост значений правдивости и т.д.);

финансовые ресурсы (состояние активов, ликвидность, возможность и объемы получения кредитов и др.);

товарные ресурсы (возможные объемы и условия закупки товаров, ассортимент товарной группы, его ширина, глубина, обновление, качество, соответствие спросу).

В свою очередь, состав способностей, формирующих стратегический потенциал торгового предприятия (а по сути, конкурентный – примечание наше), автора рассматриваемого подхода представляют следующими разновидностями способностей: проведения макроэкономического анализа ситуации в стране и регионе деятельности; прогнозирования изменений в объеме и структуре потребительского спроса; анализа и прогнозирования конъюнктуры рынка ресурсов и капитала, разработки эффективных стратегий взаимодействия с рынками для получения необходимых ресурсов; выдвижения и реализации конкурентоспособных идей относительно технологии и организации торгового процесса, осуществления закупок товарных ресурсов и формирования товарной пропозиции; обеспечения стойкости предприятия к негативным изменениям во внешнем окружении функционирования за счет разработки и реализации эффективных защитных стратегий; обеспечения внутренней гибкости предприятия за счет использования технологических инноваций, изменения направления мотивации и стимулирования труда, товарной и региональной диверсификации деятельности, оснащения новыми основными фондами и т.д.; обеспечения конкурентоспособности ассортимента товаров в реализации, поиск путей расширения рынка сбыта и увеличение ниши хозяйствования; поддержки конкурентного статуса предприятия и использование конкурентных преимуществ в борьбе за потребителя; эффективного использования инвестиционных возможностей и развития ресурсного потенциала; обеспечения высокой эффективности хозяйствования за счет поиска и мобилизации неиспользованных ресурсов, поддержки необходимых темпов развития; адаптации стратегии и тактики деятельности предприятия к изменчивым условиям [8].

Элемент системности в изложенном подходе, по нашему мнению, просматривается только в ресурсной компоненте конкурентного потенциала торговой организации и выражен видами ресурсов, их характеристиками, а также в отдельных видах ресурсов – показателями оценки. Составляющие стратегической компоненты конкурентного потенциала (способностей), несмотря на заявляемую авторами подхода «системность» представления его структуры, скорее, характеризуют факторы внутренней и внешней среды деятельности торговой организации, влияющие на ее конкурентный потенциал.

Наша позиция в представлении структуры конкурентного потенциала торговой организации

по системному признаку заключается в том, что «системность» должна обеспечиваться не столько иерархией соподчиненности видов и элементов потенциала, их взаимосвязями (которые существуют и в видовом, и в элементном представлении структуры), сколько возможностью учета различных классификационных признаков, позволяющих типизировать конкурентный потенциал как системную целостность, безотносительно к его отдельным видам.

Соответственно данной посылке типы конкурентного потенциала торговой организации по системному признаку его

структуризации можно представить следующим образом (рисунок 2). Подчеркнем, что при выделении типов конкурентного потенциала торговой организации по показанным на рисунке классификационным признакам мы исходили из его системной целостности.

Это означает, что каждый из выделяемых видов потенциала (технологический, коммерческий, коммуникационный, потребительский, имиджевый) может подлежать декомпозиции по стадиям востребованности и уровню использования в экономической деятельности, природе происхождения.



Рисунок 2. Типы конкурентного потенциала торговой организации по системному признаку его структуризации

Например, даже коммуникационный и имиджевый потенциалы, на первый взгляд, характеризующиеся нематериальной природой их происхождения, на практике требуют материальных ресурсов на организацию коммуникационного взаимодействия торговой организации с субъектами внутренней и внешней среды ее деятельности, на поддержку имиджа и репутации. Убедительным примером этому служит известный факт дороговизны каналов коммуникации, в частности, рекламы и других инструментов продвижения товаров из сферы производства в сферу потребления.

Мы не претендуем на безальтернативность классификационных признаков типизации конкурентного потенциала. Главной задачей их выделения для нас являлось подтверждение гипотезы о его разделении на реализованную (формируемую конкурентными преимуществами) и резервную (формируемую ключевыми компетенциями организации) компоненты. Таким образом, конкурентные преимущества и ключевые компетенции являются одним из основных условий обеспечения динамичности конкурентного потенциала торговой организации в быстроменяющейся экономической системе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аренков И.В., Салихова Я.Ю., Гаврилова М.А. Конкурентный потенциал предприятия: модель и стратегия развития [Электронный ресурс] // Проблемы современной экономики. 2011. №4(40). Режим доступа: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=3801>.
2. Грищенко Н.В., Куликова Е.В. Практические аспекты повышения эффективности хозяйственной деятельности предприятия в условиях конкурентной среды // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2014. № 12. С. 42-45.
3. Ерохин Д.В., Галушко Д.В. Теоретические основы оценки конкурентного потенциала промышленной фирмы // Вестник Брянского государственного технического университета. 2006. №4(12).
4. Клименко О.И., Семененко С.В. Теория и методология исследования конкурентного потенциала торговой организации // Белгород. 2013.
5. Салихова Я.Ю. Конкурентный потенциал предприятия: сущность, структура, методика оценки. СПб.: Изд-во СПбГУЭФ, 2011. 52 с.
6. Семененко С.В. Теоретическое обоснование структуры конкурентного потенциала торговой организации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 1 (49). С. 185-199.
7. Серебрякова Н.А. Теоретические аспекты планирования сбалансированного развития инновационно-инвестиционной деятельности предприятия // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2014. № 4 (9). С. 83-84.
8. Стратегический потенциал торгового предприятия и его конкурентный статус [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.architrade.com/education.php?Id=8>.
9. Федонін О.С., Репіна І.М., Олексюк О.І. Потенціал підприємства: формування та оцінка. К.: КНЕУ, 2004. 316 с.
10. Юлдашева О.У. Теория и методология формирования и развития маркетингового потенциала фирмы / Под ред. Г.Л. Багиева. СПб.: Изд-во Инфо-Да, 2005. 240 с.

REFERENCES

1. Arenkov I.V., Salikhova Ya.Yu., Gavrilova M.A. Competitive capacity of the enterprise: model and strategy of development. *Problemy sovremennoi ekonomiki*. [Problems of modern economy], 2011, no. 4(40). Available at: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=3801>. (In Russ.).
2. Grishchenko N.V., Kulikova E.V. Practical aspects of increase of efficiency of economic activity of the enterprise in the conditions of the competitive environment. *Finansy. Ekonomika. Strategiya*. [FES: Finance. Economy. Strategy.], 2014, no. 12, pp. 42-45. (In Russ.).
3. Erokhin D.V., Galushko D.V. Theoretical bases of an assessment of competitive capacity of industrial firm. *Vestnik BGTU*. [Bulletin of Bryansk state technical university], 2006, no. 4(12). (In Russ.).
4. Klimenko O.I., Semenenko S.V. Teoriya i metodologiya issledovaniya konkurentnogo potentsiala [Theory and methodology of research of competitive capacity of trade organization]. Belgorod. 2013. (In Russ.).
5. Salikhova Ya.Yu. Konkurentnyi potentsia; predpriyatiya [Competitive capacity of the enterprise: essence, structure, assessment technique]. Saint-Petersburg, SPbGUEF. 52 p. (In Russ.).
6. Semenenko S.V. Theoretical justification of structure of competitive capacity of trade organization. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava*. [Bulletin of the Belgorod university of cooperation, economy and right], 2014, no. 1 (49), pp. 185-199. (In Russ.).
7. Serebryakova N.A. Theoretical aspects of planning of the balanced development of innovative and investment activity of the enterprise. *Ekonomika. Innovatsii. Upravleniye kachestvom*. [Economy. Innovations. Quality management], 2014, no. 4 (9), pp. 83-84. (In Russ.).
8. Strategicheskii potentsial predpriyatiya [Strategic capacity of trade enterprise and its competitive status]. Available at: <http://www.architrade.com/education.php?Id=8>. (In Russ.).
9. Fedonin O.S., Repina I.M., Oleksyuk O.I. Potentsial predpriyatiya [Potential enterprises: development and evaluation]. Kiev, KNEU, 2004. 316 p. (In Ukr.).
10. Yuldasheva O.U. Teoriya i metodologiya formirovaniya i razvitiya potentsiala [The theory and methodology of formation and development of marketing capacity of firm]. Saint-Petersburg, Infoda, 2005. 240 p. (In Russ.).

УДК 378.2

Доцент П.В. Самойлов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга. тел. (473) 212-75-39

E-mail: sampavel@mail.ru

доцент А.И. Федосеев

(Московский гуманитарный университет) кафедра прикладной информатики.

тел. 8-499-374-70-18

E-mail: AFedosseev@mosgu.ru

доцент Л.В. Смarchкова, доцент С.Л. Житенев

(Воронежский филиал Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова) кафедра коммерции и товароведения. тел. 8-951-545-56-45

E-mail: lilija-sma@rambler.ru

Associate professor P.V. Samoilov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of economic security and financial monitoring. phone. (473) 212-75-39

E-mail: sampavel@mail.ru

associate professor A.I. Fedoseev

(Moscow University for the Humanities) Department of Applied Informatics.

phone 8-961-634-39-11

E-mail: AFedosseev@mosgu.ru

associate professor L.V. Smarchkova, associate Professor S.L. Zhitenev

(Voronezh branch Russian Economic University G.V. Plekhanov) Department of commerce and merchandising. phone 8-951-545-56-45

E-mail: lilija-sma@rambler.ru

Управление конфликтами в кризисной ситуации в целях формирования свойства коммерческой организации в условиях рынка: выживаемость

Conflict Management Crisis the situation in order to form the properties of the commercial organization in the conditions of market: survival

Реферат. Необходимость управления конфликтами в кризисных ситуациях ставит перед руководителями вопросы по решению возникающих новых задач и налаживанию диалога в коллективе. Игнорирование конфликтов, возникающих в коллективе недопустимо, поскольку может привести к ошибочным действиям в управлении. Поэтому конфликты необходимо анализировать с позиций теории организации, рассматривая её как комплекс отношений между организационными единицами. Опыт разрешения конфликтов указывает на определенную последовательность действий для конструктивного управления ими. В статье рассматривается стратегия эффективного вмешательства, осуществляемого менеджером по конфликтам (менеджер по персоналу либо психолог) с целью его урегулирования, а также приводится последовательность структурирования конфликта в виде блок-схемы. В условиях кризиса в организации минимизация времени разрешения конфликтов выступает одним из важнейших требований к его эффективному преодолению. В условиях кризиса в организации минимизация времени разрешения конфликтов выступает одним из важнейших требований к его эффективному преодолению. Направленность действий консультанта по рассмотренным выше проблемам ликвидации кризисных ситуаций приведена в таблице. Предложенный подход разрешения конфликтов в кризисном режиме развития рассматривает направления формирования такого важнейшего свойства коммерческой организации в условиях рынка как выживаемость. Вместе с тем, менеджеру предлагается расширенный дифференцированный арсенал вмешательств в неизбежные конфликты между организационными единицами.

Summary. The need for conflict management in crisis poses questions about the decision of the leaders of emerging new challenges and dialogue in the team. Ignoring conflicts that arise in the collective unacceptable, because it can lead to wrong actions in the administration. Therefore, conflicts must be analyzed from the standpoint of the theory of organization, considering it as a set of relationships between organizational units. The experience of conflict resolution points to a sequence of actions for constructive management. The article discusses the strategy of effective interventions by the manager on the conflicts (personnel manager or psychologist) for the purpose of settlement, and provides a sequence of structuring the conflict in block diagram form. In a crisis, the organization to minimize the time for conflict resolution is one of the most important requirements for its effective overcoming. In a crisis, the organization to minimize the time for conflict resolution is one of the most important requirements for its effective overcoming. Direction of action discussed above consultant on crisis management issues, refer to the table. The proposed approach of conflict resolution in crisis mode, considering the direction of formation of such an important organization in the commercial property market conditions as the survival rate. However, the manager of the proposed expansion of differentiated arsenal of interventions in the inevitable conflicts between organizational units.

Ключевые слова: кризисная ситуация, конфликты, управление конфликтом, конфронтация, синтез.

Keywords: crisis, conflict, conflict management, confrontation, synthesis.

© Самойлов П.В., Федосеев А.И.,
Смarchкова Л.В., Житенев С.Л., 2015

Сложность управления в кризисной ситуации обусловлена следующими факторами. С одной стороны, возникновение новых задач, свойственных только этому режиму развития организации. С другой стороны, обострение проблем, приобретение ими иного качества по сравнению со стационарным режимом работы менеджера. Для этого руководитель должен выступить в роли нейтрального организатора, который направит дискуссию в русло научного поиска решения проблемы и поспособствует налаживанию диалога.

Самая большая ошибка, которую может совершить руководитель в кризисной ситуации – это игнорирование конфликтов, возникающих в коллективе. В данной ситуации возможны следующие ошибочные действия: чрезмерно критическая оценка событий, постоянное игнорирование интересов работников, предъявление огромного количества претензий активно поддерживать сотрудничество внутри организации. Выход из этого тупика можно найти в подходе к анализу конфликта с позиций теории организации. Основным методологическим моментом в данном подходе является рассмотрение организации как комплекса отношений между организационными единицами. Опыт разрешения конфликтов указывает на определенную последовательность действий для конструктивного управления ими.

Рассмотрим стратегию эффективного вмешательства, осуществляемого менеджером по конфликтам (обычно эту роль выполняет менеджер по персоналу либо психолог). Стратегическое вмешательство определяется несколькими постулатами, то есть основными условиями урегулирования конфликта. Данные постулаты будем рассматривать как своеобразные пункты, где должны определяться и приниматься руководителем существенные решения о целесообразности вмешательств и их видах (рисунок 1). Рассмотрим основные из них.

1. Завоевание авторитета у сторон. Стороны должны стремиться к позитивному разрешению конфликта и действовать соответствующим образом с помощью менеджера и консультанта. Если одна из сторон не видит никакого смысла в урегулировании конфликта, то целесообразность дальнейшей деятельности консультанта вызывает сомнение.

2. Определение взаимоотношений сторон. Менеджер должен ясно представлять себе структуру сторон – участников конфликта. Неясное лидерство, внутренняя силовая борьба,

острое соперничество между фракциями и другие факторы могут стать значительным препятствием к разрешению конфликта. Широко распространенным методом при этом является интервью с представителями обеих сторон как способ получения необходимой информации. Интервью обеспечивают менеджера информацией о следующих решающих моментах: интенсивность конфликта; уровень симметрии и силовой баланс; природа, характер конфликта (определенные проблемы, обиды, жалобы и поводы для недовольства).

3. Поддержание равновесия сторон. Без определенной симметрии в отношениях между сторонами менеджер не сможет выполнять свои обязанности. Менеджер должен проявлять активность, прежде всего, при наличии безвыходных ситуаций, в которых стороны более или менее соответствуют друг другу. Важнейшей особенностью взаимодействия сторон в этих условиях является стремление к сохранению силового баланса.

4. Поддержание «оптимального» уровня интенсивного конфликта. Высокая интенсивность конфликта сильно осложняет управление им и даже в ряде случаев делает его невозможным. Такое положение обуславливается тем, что ни одна из сторон не проявит готовности общения с другой стороной. Конфликт, который находится в состоянии очень быстрой эскалации, может оказаться, как показывает практика, вне сферы влияния менеджера.

5. Дифференциация вмешательства по 4 видам конфликта. Если на предыдущих этапах рассматривались вопросы управления динамикой конфликта, то здесь определяющим вопросом является качественная сторона разногласий, природа их возникновения. Конфликтные ситуации обычно связаны с одним из следующих видов отношений, возникающих в процессе совместной деятельности групп: деловыми («инструментальными») отношениями; социо-эмоциональными отношениями; отношениями при ведении переговоров о распределении ресурсов; силовыми отношениями. Иногда возникновение конфликта связано со всеми указанными типами отношений, в таком случае они должны рассматриваться как разные аспекты одного конфликта.



Рисунок 1. Последовательность действий для конструктивного управления конфликтами

6. Детализация конфликта, конфронтация, синтез. Такой подход приводит к синтезу мнений, то есть к выработке определенного решения, понимания, и достижению компромисса. Этот повторяющийся процесс, каждый раз предусматривающий рассмотрение определенной части конфликта. Наилучшие результаты получаются тогда, когда этот метод будет поддержан обеими конфликтующими сторонами. Непосредственной целью обсуждений является не принятие решений, а разъяснение перспектив обеих сторон. Результатом этой конфронтации перспектив может оказаться синтез: выработка решения, понимания и достижение компромисса. Конфронтация может закончиться и созданием безвыходной ситуации. Безвыходные ситуации принуждают стороны к дальнейшей детализации, за которой вновь следует конфронтация. Последовательность структурирования конфликта приведена на рисунке 2.

7. Определение процедур достижения компромисса для каждой стороны, способствование постоянному прогрессу. Четкость в определении ролей и алгоритмов работы сторон создает спокойную обстановку, необходимую для продолжения работы, в то время как неопределенность, нерешительность и двусмысленность вызывают сумятицу недоверия. Часто стороны чувствуют себя дезориентированными и подвергающимися угрозам.

Точность диагностики составляющих процедур управления конфликтом, подбор

адекватных методов работы, искусность их применения определяют эффективность стиля работы менеджера.

8. Особую роль играет качество выполнения консультантом такой функции управления, как контроль за процедурой продвижения к разрешению конфликта. Речь идет о таком владении технологией разрешения конфликта, которая позволит менеджеру управлять изменением позиций сторон в предмете спора, приводящих к разрешению конфликта за определенное время.

В условиях кризиса в организации минимизация времени разрешения конфликтов выступает одним из важнейших требований к его эффективному преодолению. Направленность действий консультанта по рассмотренным выше проблемам ликвидации кризисных ситуаций приведена в таблице 1.

В предложенном алгоритме разрешения конфликтов отношения между организационными субъектами характеризуются наличием взаимозависимости и стремление к автономии. Иными словами, предложенный подход разрешения конфликтов в кризисном режиме развития рассматривает направления формирования такого важнейшего свойства коммерческой организации в условиях рынка как выживаемость. Вместе с тем, менеджеру предлагается расширенный дифференцированный арсенал вмешательств в неизбежные конфликты между организационными единицами.

Методы эффективного вмешательства в конфликт по этапам его анализа

Аспект отношений	Экспертный метод
Завоевание авторитета у сторон	Проявление, демонстрация независимости, разъяснение своих намерений
Определение структуры взаимоотношений сторон	Понимание внутренней структуры, структурирование взаимоотношений между центральной властью и участниками конфликта
Поддержание «оптимального» уровня интенсивности конфликта	Определение последствий затяжных конфликтов, исследование готовности сторон осуществлять изменения
Дифференциация вмешательства по видам конфликта	Выбор вмешательств, соответствующих данной классификации
Детализация конфликта, конфронтация, синтез	Поэтапное рассмотрение конфликта, конфронтация и исследование безвыходных ситуаций для дальнейшей детализации
Определение процедур достижения компромисса для каждой стороны	Рекомендация четких и ясных процедур, прекращение циклично повторяющихся обсуждений

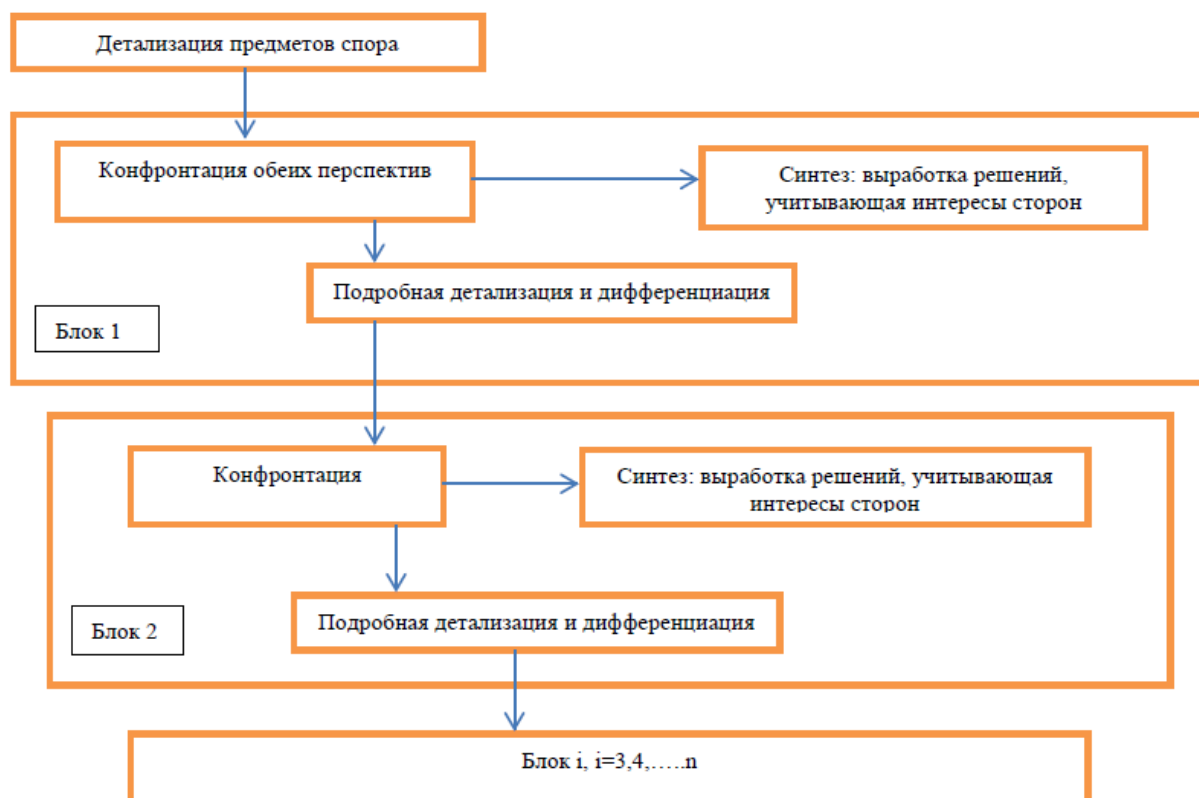


Рисунок 2. Последовательность структурирования конфликта

Благодарность. Исследование выполнено при финансовой поддержке РГНФ в рамках проекта проведения научных исследований «Методология формирования кадрового потенциала социально-культурной сферы», проект № 13–02–00110. Исследование выполнено при

финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта проведения научных исследований «Институциональные и внутрихозяйственные регуляторы позитивной динамики развития аграрного сектора экономики», проект № 13–06–00014.

ЛИТЕРАТУРА

1 Степанов Е.И. Конфликтология. [Электронный ресурс] Роль и задачи международной ассоциации конфликтологов (МАК) в процессе предотвращения современных внешних и внутренних конфликтов. Режим доступа: <http://www.conflictology.ru/index.php/conflict/article/view/143> (01 декабря 2015 г.)

2 Ulyanova Ju. Conflict management [Electronic resource] «Conflictology» on the background field of public life. Available at: http://www.colloquium-publishing.ru/l_doc/10.15350_L_26_4_1.pdf #page=17 (01 December 2015)

3 Гришина Н.В. Я и другие: Общение в трудовом коллективе. Т.: Скиф, 2011. 387 с.

4 Шавырина А.Е. Формирование готовности сотрудников организации к управлению конфликтом в профессиональной деятельности: методический аспект [Электронный ресурс]: Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2015. Т. 7. Вып. № 1. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-gotovnosti-sotrudnikov-organizatsii-k-upravleniyu-konfliktom-v-professionalnoy-deyatelnosti-metodicheskiy-aspekt> (01 декабря 2015 г.)

5 Самойлов П.В., Шереметов А.Ю., Самойлов В.М. Экономическая безопасность, как основа обеспечения национальной безопасности РФ // Вестник Самарского государственного экономического университета Научно-практический журнал «Экономика». 2015. № 2 (124). С. 6–10.

REFERENCES

1 Stepanov E.I. Conflict. Rol' i zadachi mezhdunarodnoi assotsiatsii konfliktologov [The role and tasks of the International Association of Conflict (IAC) in the process to prevent the time-external and internal conflicts]. Available at:

<http://www.conflictology.ru/index.php/conflict/article/view/143> (1 December 2015). (In Russ.).

2 Ulyanova Ju. Conflict management [Electronic resource] «Conflictology» on the background field of public life. Available at: http://www.colloquium-publishing.ru/l_doc/10.15350_L_26_4_1.pdf#page=17 (01 December 2015)

3 Grishina N.V. Ya i drugie [I and others: Communication in the workplace]. T., Skiff, 2011. 387 p. (In Russ.).

4 Shavyrina A.E. Formation of readiness employee organization to conflict management in professional work: Methodological aspects. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the South Ural State University. Series: Education. Pedagogical sciences]. 2015, issue 1, vol. 7. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-gotovnosti-sotrudnikov-organizatsii-k-upravleniyu-konfliktom-v-professionalnoy-deyatelnosti-metodicheskiy-aspekt> (1 December 2015). (In Russ.).

5 Samoilov P.V., Sheremetov A. Yu., Samoilov V.M. Economic-without danger as the basis for the national security of the Russian Federation. *Vestnik SGEU*. [Bulletin of Samara State University of Economics Scientific and practical journal "Economy"], 2015, no. 2 (124), pp. 6–10. (In Russ.).

УДК 336

Аспириант С.М. Агафонов

(Воронежский государственный архитектурно-строительный институт)
E-mail: 2944424@mail.ru

Graduate S.M. Agafonov

(Voronezh state architecture and civil engineering institute)
E-mail: 2944424@mail.ru

Совершенствование системы формирования и внедрения управления рисками в чрезвычайных ситуациях на предприятиях малого бизнеса в сфере туристских услуг

Improving the system of developing and implementing risk management in emergency situations for small businesses in the field of tourism services

Реферат. В статье для расчета распределения рисков и доходов от оказания туристских услуг предлагается использовать методику портфельного анализа. В рамках данной методики автор анализирует динамику доходов от туризма в России в 2000–2014 гг., динамику доходов от иностранного туризма в России в 2000–2014 гг., определяет минимальные границы дисперсии, состав портфелей сегментов рынка туристских услуг, ожидаемую доходность и ковариационная матрица сегментов рынка туристских услуг и выявляет оптимальный портфель туристов для российских туристских компаний.

Summary. In the article the authors to calculate the distribution of risks and income from the provision of tourist services are encouraged to use the methodology of portfolio analysis. Under this methodology, the author analyzes the dynamics of revenues from tourism in Russia in 2000–2014 years., The dynamics of revenues from foreign tourism in Russia in 2000–2014 years., Determines the minimum length of the dispersion, the composition of portfolios of segments of tourist services, the expected return and covariance matrix segments of the tourism market and identifies the optimal portfolio of tourists to the Russian tourist companies.

Ключевые слова: методика портфельного анализа, рынок туристских услуг, предприятия малого бизнеса, чрезвычайная ситуация, управление рисками

Keywords: methods of portfolio analysis, the market of tourist services, small businesses, emergency, risk management

В последние годы большое внимание уделяется исследованию перспектив роста мирового туризма, который имеет значение в качестве экспортного направления и в качестве источника притока иностранных финансовых ресурсов. Это не удивительно, так как туризм в настоящее время является одним из крупнейших компонентов во внешней торговле в мире. Более 270 миллионов туристов вывозят 92 миллиардов долларов ежегодно и тратят их за пределами своих стран [1].

Не вызывает сомнений, что рынок туристских услуг имеет возможность создавать рабочие места и генерировать доход в развитых и развивающихся странах, но это не без его собственных побочных эффектов. Массовый туризм привел к пагубным экологическим и социальным изменениям в ряде стран. Эти внешние издержки в настоящее время подсчитываются, и являются отправной точкой для большинства исследований процесса управления сферой туризма, т. е. центральным элементом таких исследований является стремление к уменьшению этих негативных последствий и увеличению экономических выгод от туризма.

Существует еще один важный аспект туристской отрасли. Некоторые страны, став чрезмерно зависимыми от туризма, который составляет большую часть их ВВП, стали уязвимы к изменениям в спросе на туристские услуги. В условиях такой высокой зависимости уменьшение объема туристских расходов может иметь значительные негативные последствия для экономики туристского назначения.

Учитывая, что спрос на туристские услуги зависит от ряда переменных, таких, как изменения в ценах, доходах, расходах на поездки, политических волнений или изменений вкусов и моды. Исследования спроса на туризм, показали, что разные национальности обладают отличающиеся эластичностью по отношению к этим переменным [2]. На основе этого каждый тип туристов характеризуется различным уровнем риска и доходности. Очевидно, что потенциальные доходы от туризма могут быть высокими, но также могут нести значительный риск для сферы гостеприимства.

Для расчета распределения рисков и доходов от оказания туристских услуг в данном исследовании предлагается использовать методику портфельного анализа. Данная методика в основном используется в области финансового анализа, чтобы помочь инвесторам в выборе распределения части своего бюджета на различные ценные бумаги, учитывая, что изменение цен на них неизвестно [14].

В рамках обозначенной методики каждый объект инвестирования (или турист) имеет уникальный уровень риска и ожидаемой доходности. При формировании инвестиционного портфеля (или целевой группы туристов) инвестор (или предприятие сферы гостеприимства) будет выбирать те объекты инвестирования (или туристов), которые, как ожидается, обеспечат максимальную отдачу для данного уровня риска. Так, подобно рынку ценных бумаг, рынок туристских услуг характеризуется различным уровнем риска и ожидаемой доходности, что позволяет использовать методику портфельного анализа [7].

Однако есть некоторые важные оговорки относительно использования методики портфельного анализа в рамках риск-менеджмента в сфере гостеприимства на рынке туристских услуг [13]. В частности, после того, как различные портфели оценены и сравнены необходимо определить сочетаемость туристов в рамках выбранной целевой аудитории [12]. Это даст разработчикам системы риск-менеджмента четкие руководящие принципы для маркетинговой программы, которые могли бы быть направлены на обеспечение стабильности и прибыльности предприятия сферы гостеприимства [11].

Исторически сложилось так, что Россия не является местом массового притока туристов, что соответствует глобальным темпам роста мирового рынка туристских услуг [8]. Проведем портфельный анализ сферы гостеприимства российского рынка туристских услуг. Для начала важно оценить динамику изменения реального спроса на туристские услуги российской сферы гостеприимства. Одним из способов изучения этой проблемы является анализ реальных расходов иностранных туристов в России на получение туристских услуг, которые формируют доходы российских предприятий сферы гостеприимства. Рисунок 1 отображает скорость роста доходов от туризма в России в 2000–2014 гг.

Как видно из рисунка 1, высокий уровень циклической изменчивости ощущается на протяжении всего исследуемого периода. Неблагоприятная инфляция в сочетании с политической нестабильностью, возможно, способствовали этой

волатильности. Следует отметить, что в рейтинге РБК самых туристских стран в 2014 г. Россия заняла 136 место [4]. Учитывая высокий уровень циклической изменчивости доходов от туризма в России в рамках риск-менеджмента целесообразно принять меры, чтобы сгладить рост доходов от туризма в России. Для того чтобы минимизировать эти изменения, необходимо проанализировать их индивидуальные эффекты с точки зрения волатильности и доходности.



Рисунок 1. Динамика доходов от туризма в России в 2000–2014 гг. [3]

Учитывая дисперсию и ожидаемые доходы отдельных активов (туристов), можно прогнозировать дисперсию и ожидаемую окупаемость инвестиций, основываясь на характеристиках активов (туристов). Здесь принимается предположение, что ставка доходности — это случайная величина, которая может быть описана средним значением дисперсии, а также, что дисперсия является показателем риска ценной бумаги.

Для того чтобы применить эту методику к российскому рынку туристских услуг, иностранные туристы должны быть разделены на несколько отдельных сегментов рынка, что позволит провести экспертизу отдельных эффектов в общей картине внешнего туризма. Из-за ограниченной доступности данных в данном исследовании выделено семь таких сегментов: Австрия, Швейцария, Великобритания, Ирландия, США, Италия, Израиль.

Ожидаемая доходность и дисперсия любого портфеля, образованного с помощью комбинации указанных сегментов рынка, будет зависеть от ожидаемой доходности и дисперсии каждого сегмента, содержащегося в портфеле, в отдельности. Очевидно, вес каждого сегмента в портфеле также является важным фактором в определении общей производительности. Это можно увидеть в уравнении (1), которое используется для расчета ожидаемой отдачи от портфеля, состоящего из N сегментов:

$$R_{\text{порт}} = \sum_{i=1}^N X_i R_i \quad (1)$$

где $R_{\text{порт}}$ – это ожидаемая доходность портфеля; X_i – доля начальной стоимости портфеля, вложенного в безопасность i ; R_i – ожидаемая доходность от инвестиций в риск-менеджмент i ; i – сегмент рынка туристских услуг; N – количество сегментов в портфеле.

Точно так же дисперсия портфеля зависит от дисперсии и ковариации его компонентов, а также относительных весов сегментов рынка туристских услуг в портфеле. Интересно фактором здесь является то, что диверсификация может принести пользу инвестору, распределяя риск на несколько сегментов. Например, дисперсия портфеля, включающего два сегмента, будет иметь следующий вид:

$$\delta_{\text{порт}}^2 = X_1^2 \delta_1^2 + X_2^2 \delta_2^2 + X_1 X_2 \delta_{12} + 2X_1 X_2 \delta_{12} \quad (2)$$

где $\delta_{\text{порт}}^2$ – дисперсия портфеля, включающего два сегмента рынка туристских услуг; δ_1^2, δ_2^2 – дисперсии двух сегментов рынка туристских услуг; δ_{12} – их ковариация; X_1, X_2 – соответствующие веса двух сегментов рынка туристских услуг в портфеле, где $0 \leq X_1, 0 \leq X_2$ и $X_1 + X_2 = 1$.

Поскольку ковариации между безопасностью 1 и безопасностью 2 меньше, чем 1, то дисперсия портфеля будет меньше, чем взвешенная сумма отдельных сегментов. Если мы рассмотрим случай некоррелированных инвестиций, где $\delta_{12} = 0$, мы можем ясно увидеть, как диверсификация портфеля уменьшает риск. В такой ситуации дисперсия портфеля будет выглядеть следующим образом:

$$\delta_{\text{порт}}^2 = X_1^2 \delta_1^2 + X_2^2 \delta_2^2 \quad (3)$$

Так как X_1 и X_2 находятся между 0 и 1, то $X_1^2 < X_1$ и $X_2^2 < X_2$, следовательно, дисперсия портфеля должна быть меньше, чем взвешенная сумма дисперсий отдельных сегментов. В этих условиях правильная диверсификация может снизить риск портфеля, содержащего несколько сегментов по сравнению с риском, связанным только с одним из сегментов с самым низким уровнем риска. Это произойдет только тогда, когда ковариация активов будет меньше, чем 1, за что отвечает третий член в уравнении (2).

Очевидно, что в случае отрицательной корреляции выгоды от диверсификации будут еще больше по сравнению с идеальной ситуацией, связанной с отрицательной корреляцией, которая сводит дисперсию портфеля, до нуля.

В действительности, мы опираемся на несколько сегментов рынка туристских услуг, которые положительно коррелируют. Это должно дать положительную ковариацию, сила которой зависит от чувствительности отдельных активов к изменениям рыночных условий. Эта часть риска, которую инвесторы не могут диверсифицировать, известна как зона систематического риска, что зависит от общих рыночных условий. Риск, который может быть устранен в процессе диверсификации, специфичен для отдельного сегмента и известен как несистематический риск.

Проблема, с которой в настоящее время сталкивается предприятие сферы гостеприимства рынка туристских услуг, заключается в том, чтобы определить все возможные эффективные портфели, которые могут быть сформированы из имеющихся сегментов рынка. Эффективный портфель будет предлагать максимальную ожидаемую доходность для различных уровней риска, и предлагать минимальный риск для различных уровней ожидаемой доходности [5].

Для того чтобы достичь этого, ожидаемая доходность и дисперсия каждого сегмента должна быть оценена, и, кроме того должна быть получена попарная ковариация между сегментами. Когда рассчитаны ожидаемые доходности и составлена ковариационная матрица, задача сводится к оптимизации квадратичной функции при линейных переменных. Разницу ожидаемых доходностей отдельных эффективных портфелей можно рассчитать, используя следующую модель:

Минимизация:

$$\sum_{i=1}^N X_i^2 \delta_i^2 + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1, j \neq i}^N X_i X_j \delta_{ij} \quad (4)$$

$$\text{С учетом (1) } \sum_{i=1}^N X_i = 1, (2) \sum_{i=1}^N X_i R_i = R_{\text{порт}}, \quad (3)$$

$$X_i \geq 0, i = 1, \dots, N.$$

Изменяя $R_{\text{порт}}$ алгоритм будет идентифицировать состав диапазона портфелей от одного с высокой ожидаемой доходностью до минимальной дисперсии портфеля. Это позволяет предприятию сферы гостеприимства рынка туристских услуг выбрать уровень риска и ожидаемой доходности, совместимые со своими предпочтениями.

Если мы хотим использовать эту методологию, чтобы определить оптимальное сочетание сегментов иностранных туристов, мы должны сделать определенные допущения. Ожидаемой доходностью портфеля в этом случае будет рост целевых доходов от иностранных туристов. Тем не менее, способность изменить состав портфеля будет зависеть от нашей способности влиять на спрос на нашу продукцию за счет использования маркетингового бюджета, который будет аналогичен средствам, имеющихся в распоряжении инвестора [9].

Возможность изменения сочетания сегментов туристов, прибывающих в страну, в портфеле будет зависеть от времени задержки, чтобы перенаправить средства маркетинга в данные сегменты рынка. Применение методики портфельного анализа на рынке туристских услуг также значительно упрощает инвестиционный выбор, поскольку есть широкий спектр инвестиционных инструментов, доступных на финансовых рынках, что позволяет инвесторам выбрать ценные бумаги среди аналогичных конкурирующих и категорий [10].

Как уже было отмечено, для того, чтобы применить методологию портфельного анализа для определения оптимальной целевой аудитории иностранных туристов для предприятий сферы гостеприимства российского рынка туристских услуг и проверить состав различных эффективных портфелей, рынок был разбит на семь подгрупп: Австрия, Швейцария, Великобритания, Ирландия, США, Италия, Израиль (таблица 1).

Были выражены доходы от этих рынков в 2014 году и темпы их роста были рассчитаны между 2000 и 2014 гг., определена ожидаемая доходность и ковариационная матрица, также

был применен квадратичной алгоритм программирования с использованием специализированного пакета программного обеспечения «Invest». На рисунке 2 графически показаны минимальные границы дисперсии.

Каждый из портфелей с минимальными границами дисперсии имеет самое низкое стандартное отклонение, достижимое при имеющемся составе рынка для заданного уровня ожидаемой доходности. Минимальная дисперсия портфеля (MVP) будет представлять наименее рискованный портфель, достижимый при данном составе рынка туристских услуг.

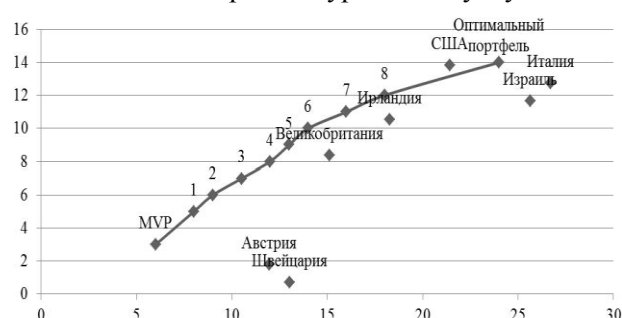


Рисунок 2. Минимальные границы дисперсии

Портфель с наибольшей ожидаемой доходностью состоит только из одного сегмента рынка, которым в данном случае является сегмент Италии. Из минимальной границы дисперсии ясно, что существуют значительные возможности для сокращения несистематического риска, так как есть целый ряд портфелей, которые предлагают более низкое стандартное отклонение и более высокие ожидаемые темпы роста. Есть бесконечное число портфелей между MVP и портфелем с высокой ожидаемой доходностью. Состав различных эффективных портфелей, соответствующих различным уровням риска, приведен в таблице 2.

Таблица 1

Динамика доходов от иностранного туризма в России в 2000–2014 гг. [6]

Год	Австрия	Швейцария	Великобритания	Ирландия	США	Италия	Израиль	Всего
2000	1115 (32.5)	216 (15.5)	22 (1,0) (1.0)	29 (1.3)	6 (0.3)	19 (0.8)	20 (1.1)	1427 (52,1) 9(52.1)
2001	1 125 (33.6)	267 (19.3)	32 (1.5)	36 (1.7)	9 (0.4)	27(1.3)	26(1.5)	1522 (59.3)
2002	1061 (32.9)	258 (19.6)	31 (1.6)	41 (2.0)	11 (0.6)	27(1.3)	30(1.9)	1459 (59.9)
2003	947 (31.3)	279 (24.4)	35 (2.1)	52 (3.1)	14 (0.8)	34 (2.0)	36 (2.7)	1397 (66.4)
2004	750 (25.1)	259 (23.5)	28 (1.8)	50 (3.1)	15 (0.9)	34 (2.2)	28 (2.2)	1 164 (58.8)
2005	845 (34.9)	261 (25.6)	34 (2.1)	53 (3.7)	20(1.0)	41 (1.7)	30(1.6)	1284 (70.6)
2006	820 (39.7)	252 (31.4)	37 (2.4)	60 (5.4)	25 (1.7)	43 (3.1)	28 (1.6)	1265 (85.3)
2007	817 (45.5)	256 (34.4)	43 (3.9)	64 (5.8)	28 (2.4)	53 (3.9)	28 (2.2)	1289 (98.1)
2008	797 (47.5)	266 (41.7)	51 (4.7)	67 (7.9)	30 (2.7)	59 (6.2)	27 (3.2)	1297 (113.9)
2009	864 (58.0)	297 (51.6)	66 (7.3)	77 (10.9)	37 (3.9)	72 (8.8)	55 (7.2)	1468 (148.5)
2010	1055 (79.0)	309 (52.7)	84 (9.4)	94(12.8)	43 (5.1)	99(10.7)	71 (8.0)	1755 (177.7)
2011	1077 (95.4)	293 (57.8)	94 (12.3)	102(17.2)	47 (6.5)	115 (16.3)	66(11.9)	1794 (217.4)
2012	1068 (113.8)	260 (50.9)	85 (12.8)	95 (17.3)	43 (6.7)	113 (18.7)	67 (13.5)	1731 (233.7)
2013	1008 (110.5)	278 (68.4)	92 (14.8)	90(17.2)	39 (6.7)	81 (16.7)	75 (17.2)	1680 (251.5)
2014	1031 (123.4)	315 (97.3)	93 (17.6)	86 (18.8)	38 (8.0)	78 (19.8)	60(16.5)	1719 (301.4)

Примечание: Число туристов из различных стран, в скобках – доходы в тыс. руб.

Состав портфелей сегментов рынка туристских услуг

Портфель	MVP	2	3	4	5	6	7	8	9	Оптимальный портфель
ожидаемая доходность, %	3,8	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	12,0	13,0	14,5
Стандартное отклонение	8,1	8,4	8,9	9,7	10,6	11,6	12,0	15,6	17,5	22,4
Австрия	36,4	32,0	29,3	26,1	23,2	20,3	17,3	00,0	00,0	00,0
Швейцария	48,5	39,6	31,7	24,4	16,9	9,3	01,8	00,0	00,0	00,0
Великобритания	00,0	01,5	04,3	07,0	09,8	12,6	15,4	18,1	10,7	00,0
Ирландия	01,0	06,9	09,9	13,0	16,0	19,0	22,1	19,5	01,4	00,0
США	14,1	14,4	14,0	13,4	12,6	12,0	11,6	15,5	19,0	00,0
Италия	00,0	02,6	06,1	09,7	13,2	16,8	20,5	30,6	50,1	100,0
Израиль	00,0	03,0	04,7	06,4	08,3	10,0	11,9	16,3	18,8	00,0

Как видно из таблицы 2, минимальная дисперсия портфеля, который предлагает стандартное отклонение 8,1 и ожидаемую доходность 3,8 %, в основном состоит из Австрии и Швейцарии. На эти два сегмента рынка приходится 84,9 % этого портфеля, в то время как США составляет большинство остатка (14,1 %), а в Ирландии составляет лишь 1,0 %.

Интересно, что Швейцария, которая принимает большой вес (то есть самую низкую дисперсию семи рынков), и которая, следовательно, занимает положение в нижних портфелях риска.

Хотя, необходимо также помнить, что ковариация между рынками также является важным фактором, определяющим вес страны в портфеле. Из ковариационной матрицы в таблице 3 мы видим, что американский рынок имеет относительно низкую ковариацию по сравнению со всеми другими сегментами рынка туристских

услуг, и даже имеет отрицательную ковариацию с Голландией. Как видно из таблицы 3, британский рынок несет немного больший риск и занимает наименьший вес в менее рискованных портфелях. Можно было бы ожидать, что близость британского рынка и сильные этнические связи сделали бы этот рынок наиболее стабильным. Тем не менее, некоторые очень сильные спады могут составлять несколько более высокую дисперсию. Великобритания также имеет вид ковариации, которая делает ей важным компонентом в любом портфеле, стремящемся диверсифицировать риск. Эти два рынка в сочетании явно наиболее важны для стабильной, умеренной скорости роста, так как они принимают крупнейшие веса во всех портфелях с точностью до 8,0 % ожидаемой доходности. После этого они стремятся к нулю, предполагая, что эти сегменты рынка не будут частью портфеля, который стремится достичь высоких уровней роста.

Таблица 3

Ожидаемая доходность и ковариационная матрица сегментов рынка туристских услуг

	Австрия	Швейцария	Великобритания	Ирландия	США	Италия	Израиль
Е. (R)%	2,0	1,7	10,4	9,8	12,6	14,5	11,1
Австрия	199,2	—	—	—	—	—	—
Швейцария	3,8	163,0	—	—	—	—	—
Великобритания	69,2	43,8	534,6	—	—	—	—
Ирландия	27,5	48,5	145,5	275,3	—	—	—
США	40,1	-106,8	245,0	170,6	681,9	—	—
Италия	-6,0	46,7	274,2	239,6	281,0	507,6	—
Израиль	46,5	116.	235,2	124,6	22,9	170,5	676,1

Интересной особенностью минимальной дисперсии портфеля является то, что три из сегментов рынка принимают нулевой вес в этом портфеле. Хотя это необходимое условие для минимальной дисперсии портфеля, это результат, который должен быть интерпретирован

достаточно осторожно в контексте рынка туристских услуг. Очевидно, что нереально полностью исключить туристов из этих сегментов, с тем, чтобы свести к минимуму риск, связанный с этими странами.

Учитывая, что мы уже обсуждали возможность влиять на состав портфеля, в зависимости от нашей маркетинговой стратегии, мы могли бы интерпретировать эти веса как показатели того, в каком направлении должны распределяться маркетинговые фонды. В случае MVP, интенсивная рекламная кампания может быть проведена в Австрия, Швейцария, США, а менее интенсивная на других сегментах рынка.

Важно отметить, что хотя вид распределения предложенный в MVP может быть невозможно достичь в реальности, это поможет определить тип и значение стратегии, что бы снизить колебания спроса в отрасли. Сегмент Италии имеет самую высокую ожидаемую доходность в размере 14,5 %, и, следовательно, представляет собой единственный рынок, содержащиеся в оптимальном портфеле. Этот

портфель будет выбран с помощью предпочтения риска (стандартное отклонение 22,4).

К сожалению, из-за ограничений данных, дальнейшее разложение этого сегмента рынка туристских услуг не представляется возможным. Было бы интересно посмотреть на отдельные эффекты разных стран в составе высоких ожидаемых доходностей портфелей. Все, что можно сказать, из этого анализа – это то, что некоторые комбинации этих сегментов рынка дают высокие темпы роста и способствуют минимизации рисков предприятий сферы гостеприимства российского рынка туристских услуг.

Состав различных портфелей с минимальными границами дисперсии также был включен в таблицу 4, чтобы выделить изменения веса, принятые на отдельных сегментах рынка по мере движения вдоль границы.

Таблица 4
Минимальная дисперсия портфеля для целевой скорости роста в размере 8,5 %

Распределение сегментов рынка в портфеле	Австрия	Швейцария	Великобритания	Ирландия	США	Италия	Израиль
Целевая скорость роста 8,5 % Стандартное отклонение 11,2	21,7	13,1	11,1	17,5	12,3	15,1	9,2

В целом, это дает нам представление о типе структурных изменений, которые должны произойти в составе рынке, чтобы достичь более высоких темпов роста. Модель предполагает, что двигателем этого роста будут поступать туристы из Италии.

В эффективном портфеле с ожидаемой доходностью 8,5 % содержится стандартное отклонение 11,2, при условии, что веса отдельных сегментов рынка должны соответствовать значениям в таблице 4. В целях удовлетворения целевой скорости роста доходности в размере 8,5 % в год и получения состава целевого портфеля, четвертое ограничение должно быть добавлены в уравнение (4):

$$\sum_{i=1}^N X_i \geq D, \quad (5)$$

где D – целевая доходность.

В то время как состав эффективного портфеля в таблице 4 дает минимальное отклонение в размере 8,5 % ожидаемой доходности, важно отметить, что существует целый ряд портфелей, которые предлагают меньший риск, хотя при более низкой ставке доходности.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение методологии портфельного анализа

к определению оптимального сочетания сегментов иностранных туристов на предприятиях сферы гостеприимства российского рынка туристских услуг является эффективным, несмотря на фундаментальные различия в том, каким образом функционирует рынок ценных бумаг и рынок туристских услуг.

Методика портфельного анализа предоставляет некоторые предварительные ответы на вопрос о диверсификации и управления рисками, которые могут быть использованы в процессе стратегического планирования и риск-менеджмента. В то время как отсутствие подробных данных о доходах для всех рынков не позволяет сделать портфель более информативным, методика портфельного анализа не может быть рассмотрена как высокоточный инструмент, однако, она может быть использована в качестве помощи для лиц, принимающих решения с сфере риск-менеджмента на рынке туристских услуг, позволяя им сосредоточиться на факторах, которые влияют на стабильность рынка.

Правильное рассмотрение этих вопросов должно привести к стабильному росту доходов, обеспечению прочного уровня занятости и повышению инвестиционной привлекательности российского рынка туристских услуг.

Это отвечает не только краткосрочным интересам, но также долгосрочным целям стабильного развития сферы гостеприимства российского рынка туристских услуг.

В результате анализа было выявлено, что туристы из Австрии и североамериканского сегмента рынка демонстрируют самый низкий разброс в доходности, а также наиболее

равномерно приезжают в течение года, в то время как 40 % итальянских прибывают в июле и августе. Стабильность спроса на туристские услуги, конечно, более широкий вопрос, чем проблема выбора портфеля. Поэтому особенную важность приобретает вопрос поддержания качества и репутации.

ЛИТЕРАТУРА

1 Андреев В.Д. Аудит и оценка рисков инвестиционно-инновационной деятельности в индустрии туризма // Известия Сочинского государственного университета. 2013. № 1–1. С. 14–22.

2 Борисов Н.А. Инновации как экономическая категория и их применение в профилактической медицине: опыт региона Инновации как экономическая категория и их применение в профилактической медицине: опыт региона // Проблемы современных экономических, правовых и естественных наук в России. Сборник материалов II Международной научно-практической конференции (21–23 марта 2014 г.). Воронеж.: ФЭС, 2014. С. 565.

3 Борисов А.Н., Воищева О.С., Давнис В.В., Тинякова В.И. Рейтинговое оценивание в условиях риска (монография). М., 2012. 243 с.

4 Дубова Ю.И., Кукаева Л.И., Суркова О.А., Тинякова В.И. и др. Маркетинговые решения в сфере туризма: методы обоснования, факторы принятия, условия реализации. Воронеж, 2012.

5 Ефремова Н.Е. Системный подход к управлению рисками на предприятиях туризма // Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки. 2013. № 5–1. С. 109–115.

6 Зинякова Н.В., Грицков Ю.В., Чепурных С.В. Актуальные проблемы репутационных рисков в туризме // Человеческий капитал. 2013. № 3 (51). С. 69–71.

7 Кобылянская А.В. Риски малого предпринимательства в сфере туризма и проблема их минимизации // Сибирская финансовая школа. 2014. № 4 (105). С. 20–24.

8 Леднев М.В. Оценка и управление конкурентными рисками и рисками конкурентного позиционирования в современных условиях // Современная конкуренция. 2015. Т. 9. № 1 (49). С. 54–65.

9 Литвинова Т.Н. Предпринимательская деятельность на рынке сельхозтехники: прогнозирование тенденций и оценка рисков // Современная экономика: проблемы и решения. 2012. № 9 (33). С. 45–55.

10 Маликов Е.Ю., Попкова Е.Г., Кузлаева И.М. Заимствование объектов интеллектуальной собственности как фактор риска в системе отечественной электронной коммерции // Высшая школа. 2015. № 5. С. 33–34.

11 Морозов М.А., Рубин Ю.Б., Бубнова Г.В. Модели управления предпринимательскими структурами в туризме в условиях риска и неопределенности // Прикладная информатика. 2012. № 6 (42). С. 102–107.

12 Платонова Н.А., Виноградова М.В. Стратегическое управление туризмом в регионе: факторы риска // Сервис plus. 2014. Т. 8. № 4. С. 96–103.

13 Саймина Д.К. Особенности хозяйственных рисков в туризме // Вестник ИНЖЭКОНа. Серия: Экономика. 2013. № 7 (66). С. 161–163.

14 Шаховская Л.С., Попкова Е.Г., Морозова И.А., Позднякова У.А. Оценки эффективности института ГЧП и рисков проектов, реализуемых на основе принципов ГЧП // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 447.

REFERENCES

1 Andreev V.D. 1 Audit and risk assessment of investment and innovative activities in the tourism industry. Izvestiya Sochinskogo gosudarstvennogo universiteta [Bulletin of Sochi state University], 2013, no. 1–1, pp. 14–22. (In Russ.).

2 Borisov N.A. Innovation as an economic category, and their use in preventive medicine: the experience of the region's Innovation as an economic category, and their use in preventive medicine: the experience of the region. Problemy sovremennykh ekonomicheskikh, pravovykh i estestvennykh nauk. [Problems of modern Economics, law and natural Sciences in Russia. Proceedings of the II International scientific-practical conference (March 21–23 2014)]. Voronezh.: FES, 2014. p. 565. (In Russ.).

3 Borisov N.A., Vojsava O.S., Davnis V.V., Tinyakova V.I. Reitingovoe otsenivanie v usloviyakh riska [Rating estimation under risk (monograph)]. Moscow, 2012. 243 p. (In Russ.).

4 Dubova Y.I. Kukaeva L.I., Surkov, O.A., Tinyakova V.I. Marketingovye resheniya v sfere turizma [Marketing decisions in tourism: methods, rationale, factors of adoption, the conditions of implementation]. Voronezh, 2012. (In Russ.).

5 Ephraim N.E. A systematic approach to risk management in tourism enterprises. Izvestiya TulGU. [Bulletin of Tula state University. Economic and legal science], 2013, no. 5–1, pp. 109–115. (In Russ.).

6 Zinyakova N.V., Gritskov Y.V., Chepurnykh S.V. Actual problems of reputational risks in tourism. Chelovecheskii kapital. [Human capital], 2013, no. 3 (51), pp. 69–71. (In Russ.).

7 Kobylanskaya A.V. Risks of small business in the tourism sector and the problem of minimizing. Sibirskaya finansovaya shkola [Siberian financial school], 2014, no. 4 (105), pp. 20–24. (In Russ.).

8 Lednev V.M. Assessment and management of risks and competitive risks, competitive positioning in modern conditions. Sovremennaya konkurentsia [Modern competition], 2015, vol. 9, no. 1 (49), pp. 54–65. (In Russ.).

9 Litvinova T.N. Entrepreneurial activity on the market selfhosted-nicknames: forecasting trends

and risk assessment. Sovremennaya ekonomika: problem i resheniya [Modern economic: problems and solutions], 2012, no. 9 (33), pp. 45–55. (In Russ.).

10 Malikov E.Yu., Popkova E.G., Buslaeva I.M. Borrowing of objects of intelligent property as a risk factor in the system of national e-Commerce. Vysshaya shkola. [Higher school], 2015, no. 5, pp. 33–34. (In Russ.).

11 Morozov M.A., Rubin B.Yu., Bubnov G.V. Models of management of business structures in tourism in the conditions of risk and uncertainty. Prikladnaya informatika [Journal of Applied computer science], 2012, no. 6 (42), pp. 102–107. (In Russ.).

12 Platonov N.V., Vinogradova M.V. Strategic management of tourism in the region: risk factors. [Service plus], 2014, vol. 8, no. 4, pp. 96–103. (In Russ.).

13 Simina D.K. Features of the economic risks in tourism. Vestnik INZhEKON. [Bulletin ENGECON. Series: Economics], 2013, no. 7 (66), pp. 161–163. (In Russ.).

14 Shakhovskaya L.S., Popkova E.G., Morozov I.A., Pozdnyakova, A.W. Evaluation of the effectiveness of the Institute and risks of PPP projects based on the principles of PPP projects. Sovremennye problem nauki i obrazovaniya [Modern problems of science and education], 2014, no. 6, pp. 447. (In Russ.).

УДК 338.48

Доцент М.С. Оборин

(Пермский институт (филиал) Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова) кафедра экономического анализа и статистики

E-mail: recreachin@rambler.ru

Associate professor M.S. Oborin

(Perm, Russia, Economic University named after G.V. Plekhanov) Department of economic analysis and statistics

E-mail: recreachin@rambler.ru

Системный подход к раскрытию сущности и содержания санаторно-курортной деятельности

A systematic approach to the disclosure of the nature and content of the sanatorium–resort activities

Реферат. Социально–экономические проблемы развития государства напрямую связаны с ухудшением состояния окружающей среды и проблемами в здравоохранении граждан (стрессы в больших городах, высокая степень занятости, малоподвижный образ жизни граждан, низкий уровень продолжительности жизни, высокие показатели смертности, качества жизни и др.). В частности, в статье рассматривается санаторно-курортный комплекс как важная система развития страны. Актуальность темы исследования подтверждается организацией программ лечебно-оздоровительного профиля для восстановления здоровья населения. На основе системного подхода проведен анализ литературных данных, которые позволяют выявить основные тенденции развития санаторно-курортного комплекса. На основе системного подхода производится многоуровневый и структурный анализ для уточнения некоторых понятий (курорт, санаторно-курортная деятельность, территориальные санаторно-курортные комплексы, санаторно-курортные системы, санаторно-курортные услуги, рынок санаторно-курортных услуг, санаторно-курортная индустрия, лечебно-оздоровительная индустрия). Уточненный состав элементов санаторно-курортной деятельности, с точки зрения их структурного наполнения, функционального значения и развития во времени представлен на основе системного анализа литературных данных. Раскрыто содержание основных компонентов санаторно-курортной деятельности, с точки зрения методологии системно-диалектического подхода. В рамках системно-деятельностного подхода санаторно-курортная деятельность рассматривается как природно-социально-экономическая система, включающая логически взаимосвязанные блоки, формирующие единый лечебно-оздоровительный комплекс. Множество компонентов представляют собой полифункциональную систему, которая в совокупности основана на безопасном функционировании. Необходимыми компонентами санаторно-курортной системы являются социальная среда, природно-антропогенная среда и возникающее общественное производство. Между ними формируются различные связи – социальные, финансово-экономические, экологические, создающие прочную функционирующую систему.

Summary. Social and economic problems of development of the state are directly connected with deterioration of a state of environment and problems in health care of citizens (stresses in big cities, high extent of employment, an inactive way of life of citizens, low level of life expectancy, high rates of mortality, quality of life and). In particular, in article the health resort as important system of development of the country is considered. Relevance of a subject of research is confirmed by the organization of programs of a medical and improving profile for recovery of population health. On the basis of system approach the analysis of literary data which allow to reveal the main tendencies of development of health resort is carried out. On the basis of system approach the multilevel and structural analysis is made for specification of some concepts (the resort, sanatorium activity, territorial health resorts, sanatorium systems, sanatorium services, the market of sanatorium services, the sanatorium industry, the medical and improving industry). The specified structure of elements of sanatorium activity, from the point of view of their structural filling, functional value and development in time is presented on the basis of the system analysis of literary data. The maintenance of the main components of sanatorium activity, from the point of view of methodology of system and dialectic approach is opened. Within system and activity approach sanatorium activity is considered as the natural and social and economic system which is turning on logically interconnected blocks forming a uniform medical and improving complex. A set of components represent multifunctional system which is in total based on safe functioning. Necessary components of sanatorium system are the social environment, the natural and anthropogenous environment and arising public productions. Between them various communications – social, financial and economic, ecological, creating the strong functioning system are formed.

Ключевые слова: санаторно-курортная деятельность, системный подход, содержание, состав, сущность, методология

Keywords: sanatorium activity, system approach, contents, structure, essence, methodology

Введение

Проблема сохранения здоровья нации, повышения качества жизни населения, является одной из насущных проблем для любого государства. В последние годы, в связи с повышением уровня загрязнённости окружающей среды; стрессовости, особенно в больших городах, ввиду нехватки времени и негативного влияния основной трудовой деятельности; малоподвижного образа жизни граждан, вопросы, связанные с сохранением здоровья особенно актуализируются. В медицинских учреждениях необходимо формирование социально-индикативного управления, это и касается санаторно-курортных организаций. Для этого устанавливаются программы лечебно-оздоровительного профиля для восстановления здоровья отдыхающих, поскольку эта тема актуальна в настоящее время. На рисунке 1 представлена динамика уровня заболеваемости в России за последние годы.

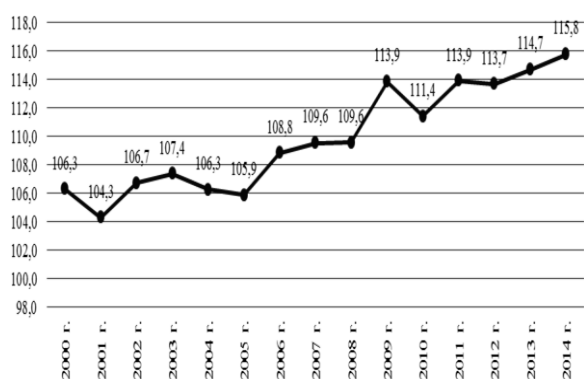


Рисунок 1. Динамика заболеваемости в России за 2000–2014 гг. по числу больных с диагнозом, установленным впервые в течение жизни [3]

Анализ структуры заболеваемости показывает, что в России имеется чёткая корреляция между ростом заболеваемости по болезням, профилактика которых может быть обеспечена на специализированных лечебно-профилактических и рекреационно-оздоровительных учреждениях (как компонентов национальной санаторно-курортной индустрии), и снижением интереса россиян к услугам таких учреждений.

Являвшаяся в советское время органичной частью системы здравоохранения, санаторно-курортная деятельность и накопившая богатый научный и практический опыт отечественная курортология, в последние годы переживают не лучшие времена. В наиболее общем виде это проявляется в стремлении государства

«стереть» границы между санаторно-курортной и рекреационной деятельностью.

Учитывая указанные выше обстоятельства, возникает необходимость развития прикладных и теоретико-методологических основ санаторно-курортной деятельности, как условий эффективного развития национальной санаторно-курортной индустрии.

Объекты и методы исследования

Данная статья посвящена уточнению отдельных составляющих санаторно-курортной деятельности на основе системного подхода. Анализ научной литературы позволяет выделить следующие группы трудов и публикаций в изучаемой сфере:

трудов, посвящённых формированию основ курортологии и анализу функционирования отдельных элементов санаторно-курортных комплексов и систем (М.М. Амирханов, Д.И. Асланов, М.А. Боков, О.Н. Быкова, Е.Л. Ванин, А.М. Ветитнев, А.С. Мироненко, О.А. Никитина, Е.А. Турова, В.В. Хряков, В.Н. Шарафутдинов, В.С. Шинкаренко и др.);

публикаций и исследований, посвящённых изучению функционирования смежных сфер деятельности, в том числе лечебно-оздоровительной и туристско-рекреационной деятельности (А.Ю. Александровой, А.В. Дроздова, Е.В. Колотовой, И.В. Куксовой, М.А. Морозова, Н.С. Морозовой, Е.С. Шарафанова, И.М. Яковенко и др.);

трудов, направленных на изучение узкоспециализированных медицинских аспектов санаторно-курортной деятельности (А.Н. Разумова, И.П. Бобровниченко, А.Т. Быкова, Г.Е. Ивановой, Г.Н. Пономаренко, Л.А. Поповой, А.В. Туева, О.П. Щепина, А.В. Шакула и др.).

Несмотря на кажущееся многообразие публикаций, в рассматриваемой сфере отсутствует устоявшаяся терминология, наблюдается неоднозначность подходов к характеристике и трактовке тех или иных категорий. Для обеспечения принципов комплексности и полного охвата при раскрытии сущности и содержания санаторно-курортной деятельности, требуется применение системного подхода.

В основе системного подхода лежит принцип многоуровневого и структурированного изучения всего перечня значимых компонентов анализируемого объекта – в данном случае санаторно-курортной деятельности, как особой природно-социально-экономической категории. Результативность использования системно-диалектической методологии в целях изучения санаторно-курортной деятельности

обусловлена её всеобщим характером, содержание которой представлено общими законами диалектики и основополагающими положениями системных исследований в виде определённых механизмов, направленных на решение сложно структурированных задач.

Результаты и их обсуждение

В ходе проведённого исследования сущности санаторно-курортной деятельности на основе системно-диалектической методологии, нами уточнены следующие понятия:

«Курорт» как базового понятия санаторно-курортной деятельности и особой природно-социально-экономико-территориальной единицы, функционирующей для реализации рекреационных, профилактических и лечебно-оздоровительных функций на основе использования особых природно-лечебных свойств.

«Санаторно-курортная деятельность», которая рассматривается в двух проявлениях: как специальная система мероприятий на курортной территории, направленная на реализацию рекреационных, профилактических и лечебно-оздоровительных функций; а также как образованный на стыке различных сфер и видов деятельности (лечебно-медицинской сферы, сферы услуг, курортного дела, туристского дела, гостиничного дела, сферы услуг и развлечений, рекреационной сферы и др.) особый вид деятельности, направленный на удовлетворение потребностей в услугах профилактического, рекреационного и лечебно-оздоровительного характера.

«Территориальные санаторно-курортные комплексы» – множество объединённых едиными целями и инфраструктурой специализированных организаций, функционирующих на локализованной территории с особыми природно-лечебными свойствами.

«Санаторно-курортные системы» – более широкое и ёмкое понятие, включающее в себя, в зависимости от рассматриваемого уровня (территориального или национального) деятельность территориальных санаторно-курортных комплексов, которые могут быть объединены какими-либо общими характеристиками: региональной политикой и институциональными условиями, национальной политикой и др.

«Санаторно-курортная услуга» – результат услугуобразующей деятельности санаторно-курортных организаций, который, как правило, образован на стыке рекреационной, медицинской, курортной деятельности и направлен на удовлетворение потребностей

широких групп населения в лечении, оздоровлении, профилактике и реабилитации.

«Рынок санаторно-курортных услуг» – система социально-экономических отношений между производителями и потребителями санаторно-курортных услуг.

«Санаторно-курортная индустрия» – система отношений по поводу производства и продвижения санаторно-курортных услуг, складывающаяся между основными субъектами санаторно-курортной деятельности: государственными организациями, санаторно-курортными организациями, потребителями, поставщиками, объектами инфраструктуры и др.

«Лечебно-оздоровительная индустрия» – составляющая туристско-рекреационной индустрии, включает в себя совокупность отношений социально-экономического характера в процессе производства и потребления лечебно-оздоровительных услуг.

Использование системно-диалектической методологии как основного инструмента исследования позволяет осуществить основные структурные и функциональные особенности санаторно-курортных систем различного уровня управления: международного, регионального, национального, субнационального, локальных. Применение системного подхода в исследовании санаторно-курортной деятельности является необходимым условием разработки программ устойчивого развития санаторно-курортных комплексов. Применительно к изучению санаторно-курортной деятельности системный подход следует рассматривать как комплекс разнообразных методик, инструментов, теорий и правил, используемых для решения задач развития санаторно-курортной деятельности при постоянном росте объёмов информации и разнообразном влиянии внешних факторов.

Использование системного подхода для изучения особенностей функционирования различных систем началось со второй половины 20 в. в трудах авторитетных философов, географов и математиков [1, 14]. Одним из первых трудов в рекреационной географии, составленных на основе системного подхода стала публикация В.С. Преображенского [8], в которой впервые было введено понятие основных системных категорий указанной сферы. В дальнейшем исследователями расширена методология системного подхода применительно к рекреационной сфере, в том числе:

введены новые понятия [11];
уточнено содержание территориальных общественных систем [15];

обобщены и развиты теоретико-методологические основы использования геосистемного подхода в рекреационной деятельности [5] и др.

В последнее время появилось много работ по изучению социально-экономической роли санаторно-курортной деятельности в управлении производительностью труда [4], повышении

экономического потенциала региона [6] и анализе организации медицинских учреждений в рамках социального обеспечения населения [13]. Для комплексного отражения системы требуется описание основных содержательных, организационных и управленческих подсистем, учитывающих влияние особенностей развития и функционирования, поскольку в ходе своего развития любая модель подвергается изменению на различных стадиях (рисунок 2).

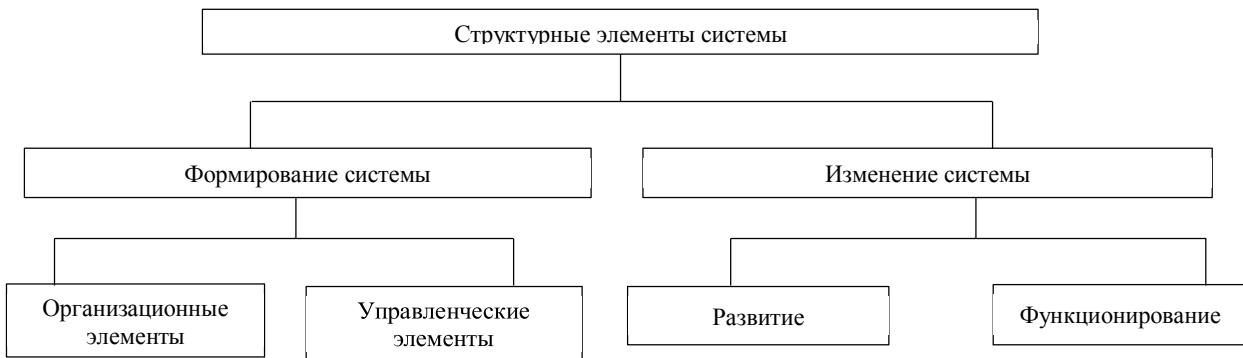


Рисунок 2. Структура основных компонентов объекта на основе его изучения в рамках методологии системного подхода [9]

При неизменных внешних факторах, можно говорить о саморегулирующихся «идеальных» природных системах. С этой точки зрения сложноорганизованная, полифункциональная система включает такие составляющие как: структура, функционирование и развитие (рисунок 3).

Структура сложноорганизованных полифункциональных систем представлена множеством связей и взаимодействий основных компонентов организации. Это является основой развития других компонентов – функционального и развивающего, ввиду их взаимосвязи между собой. Функциональный компонент основан на реализации условий для безопасного функционирования системы для человека. Развитие предполагает отражение состояния системы на различных временных этапах её развития – в идеальном состоянии, текущем состоянии и желаемом состоянии. Применительно к санаторно-курортной деятельности

сложноорганизованная система трансформируется в природно-социально-экономическую систему. Такая система, в свою очередь, включает логически связанные блоки, для каждого из которых характерны специфические процессы развития, функционального воздействия и структурного устройства (рисунок 4).

Элементы санаторно-курортной деятельности представлены характеристиками, без которых невозможно её эффективное осуществление:

социальной средой – как совокупностью обслуживающего и административно-управленческого персонала, а также коммуникациями между ними; природно-антропогенной средой, которая представлена [7]: природной средой, антропогенной средой, природно-антропогенной системой; общественное производство, в рамках которого осуществляется оказание лечебно-оздоровительных услуг.



Рисунок 3. Компоненты сложноорганизованной полифункциональной природно-социально-экономической системы [2, 9]

Компонент связи представлен социальными, экономическими и экологическими коммуникациями. Так, социальные связи определяют формирование антропогенной системы.

Финансово-экономические определяют условия эффективного экономического воздействия. Экологические связи опосредуют основу безопасного функционирования санаторно-курортных систем.



Рисунок 4. Компоненты санаторно-курортной деятельности как природно-социально-экономической системы

Заклучение

Таким образом, сущность санаторно-курортной деятельности, с точки зрения методологии системно-диалектического подхода, заключается в том, что она представляет собой сложноорганизованную, полифункциональную природно-социально-экономическую систему,

функционирование которой направлено на решение ряда социальных и экономических задач. Уточнение сущности санаторно-курортной деятельности, с точки зрения методологии системного подхода является необходимым условием формирования механизмов устойчивого развития санаторно-курортных систем.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Блауберг И.В. Целостность и системность. Системные исследования: ежегодник. М., 1977. С. 5–28.
- 2 Девяткова Т.П. Системно-методологический подход к планированию природоохранной деятельности // Юг России: экология, развитие. 2006. № 4. С. 19–27.
- 3 Заболеваемость населения по основным классам болезней. Росстат. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/rsources/33a9d8004a4bb6b681e3c9a8ffbe44e3/table.jpg.
- 4 Красноперцева И.В. Социально-экономические аспекты управления производительностью труда // Научные ведомости БелГУ. Серия: Экономика. Информатика. 2013. № 8 (151). С. 42–43.
- 5 Мажар Л.Ю. Территориальные туристско-рекреационные системы: геосистемный подход к формированию и развитию. Автореф. дисс... д-ра геогр. наук. Смоленск, 2009. 23 с.
- 6 Никулина Е.В., Чистникова И.В., Орлова А.В. Экономический потенциал региона и оценка эффективности его использования. Научные ведомости БелГУ // Серия: Экономика. Информатика. 2012. Вып. 23/1. № 13 (132). С. 60–65.
- 7 Оборин М.С. Системно-диалектическая методология (системный подход) как инструмент исследования курортно-рекреационных систем разного иерархического уровня // Региональные исследования. 2010. № 3. С. 54–61.
- 8 Преображенский В.С. Системный подход при исследовании рекреационной деятельности // Известия АН СССР. Сер. Географическая. 1974. № 2. С. 7–15.
- 9 Ряшко Б.В. О разработке системно-диалектической методологии ERGO // Проблемы методологии междисциплинарных исследований и комплексного обеспечения научно-исследовательской деятельности. 1995. № 2. С. 56–78.
- 10 Садовский В.Н. Система. Большая советская энциклопедия 23. М.: Сов. энцикл., 1976. С. 463–464.
- 11 Сочава В.Б. Учение о геосистемах. Новосибирск, 1975. 290 с.
- 12 Сочава В.Б., Голубчик М.М., Евдокимов С.П., Максимов Г.Н. и др. Теория и методология географической науки. М.: ВЛАДОС, 2005. 463 с.
- 13 Тхориков Б.А. Особенности медицинского учреждения как объекта социально-индикативного управления // Научные ведомости

БелГу. Серия: Экономика. Информатика. 2012. Вып. 22/1. № 7 (126). С. 30–37

14 Фон Бергаланфи Л. Общая теория систем – критический обзор. Исследования по общей теории систем. М.: Прогресс, 1969. С. 23–82.

15 Шарыгин М.Д. Концептуальные аспекты пространственного развития Пермского края. Концепция программы социально-экономического развития Пермского края: материалы науч.-практ. конф. Пермь, 2006. С. 8–13.

REFERENCES

1 Blauberg I.V. Tselostnost i sistemnost' [The integrity and consistency. System researches]. Moscow, 1977. pp. 5–28. (In Russ.).

2 Devyatkova T.P. System and methodological approach to planning of nature protection activity. *Yug Rossii*. [South of Russia: ecology, development], 2006, no. 6, pp. 19–27. (In Russ.).

3 Zaboлеваemost' naseleniya po isnivnym klassam. [Incidence of the population on the main classes of diseases]. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/rsources/33a9d8004a4bb6b681e3c9a8ffbe44e3/table.jpg. (In Russ.).

4 Krasnopertseva I.V. Social and economic aspects of management of labor productivity. *Nauchnye vedomosti BelGu* [Scientific sheets of Belgu. Series: Economy. Informatics], 2013, no. 8 (151), pp. 42–43 (In Russ.).

5 Mazhar L. Yu. Territorial'nye turistsko-rekreatsionnye sistemy [Territorial tourist and recreational systems: geosystem approach to formation and development. Abstr. diss. doc. geogr. sci.]. Smolensk, 2009. 23 p. (In Russ.).

6 Nikulina E.V., Chistnikova I.V., Orlova A.V. Economic capacity of the region and assessment of efficiency of its use. *Nauchnye vedomosti BelGu* [Scientific sheets of Belgu. Series: Economy. Informatics], 2012, issue 23/1, no. 13 (132), pp. 60–65 (In Russ.).

7 Oborin M.S. System and dialectic methodology (system approach) as instrument of research of

resort and recreational systems of different hierarchical level. *Regional'nye issledovaniya*. [Regional researches], 2010, no. 3, pp. 54–61. (In Russ.).

8 Preobrazhensky B.C. System approach at research of recreational activity. *Izvestiya AN SSSR* [News of Academy of Sciences of the USSR. Geographical], 1974. no. 2, pp. 7–15. (In Russ.).

9 Ryashko B.V. About development of system and dialectic methodology. *ERGO. Problemy metodologii mezhdistsiplinarnykh issledovaniy i kompleksnogo obespecheniya* [Problems of methodology of interdisciplinary researches and complex ensuring research activity], 1995, no. 2, pp. 56–78. (In Russ.).

10 Sadovskii V.N. Sistema. Bol'shaya sovet'skaya entsiklopediya [System. Big Soviet encyclopedia] Moscow, Sov. entsikl., 1976, no. 23, pp. 463–464. (In Russ.).

11 Sochava V.B. Uchenie o geosistemakh [The doctrine about geosystems] Novosibirsk, 1975. 290 p. (In Russ.).

12 Sochava V.B., Golubchik M.M., Evdokimov S.P., Maximov G.N. et al. Teoriya i metodologiya [Theory and methodology of geographical science: studies. grant] Moscow, VLADOS, 2005. 463 p. (In Russ.).

13 Tkhorikov B.A. Features of medical institution as object of social and indicative management. *Nauchnye vedomosti BelGu* [Scientific sheets of Belgu. Series: Economy. Informatics], 2012, issue 22/1, no. 7 (126), pp. 30–37 (In Russ.).

14 Von Bertalanfi L. Obshchaya teoriya sistem – kriticheskii obzor [The general theory of systems – the critical review. Researches on the general theory of systems] Moscow, Progress, 1969. pp. 23–82. (In Russ.).

15 Sharygin M.D. Conceptual aspects of spatial development of Perm Krai. Kontseptsiya programmy sotsial'no-ekonomicheskogo razviriya [Concept of the program of social and economic development of Perm]. Perm, 2006. pp. 8–13. (In Russ.).

УДК 311.313

Доцент О.В. Баканач,
доцент Н.В. Проскурина, доцент Ю.А. Токарев
(Самарский государственный экономический университет) кафедра статистики.
тел. (846) 933–88–26
E-mail: nvpros@mail.ru

Associate professor O.V. Bakanach,
associate Professor N.V. Proskurina, associate professor Y.A. Tokarev
(Samara State University of Economics) Department of statistics.
phone (846) 933–88–26
E-mail: nvpros@mail.ru

Статистический анализ факторов конкурентоспособности регионов Российской Федерации

Statistical analysis of competitiveness factors of regions of the Russian Federation

Реферат. В условиях рыночной экономики конкуренция является основной движущей силой экономического роста. Идея о существовании межрегиональной конкуренции не является общепризнанной и не требует своего доказательства. С этой целью исследованы явления, позволяющие констатировать наличие межрегиональных конкурентных отношений, которые реализуются через систему предпосылок политического, экономического, правового и технологического характера. Конкурентоспособность – одна из важнейших характеристик территории, уровень которой прямо влияет на формирование положительных тенденций в развитии субъектов Российской Федерации. Результативными показателями уровня конкурентоспособности региона являются: валовой региональный продукт на одного занятого в экономике, производство валового регионального продукта на один рубль основных фондов, валовой региональный продукт на один рубль инвестиций, доля сальдированного финансового результата в валовом региональном продукте. На основе частных индикаторов методом «Паттерн» был получен интегральный показатель уровня конкурентоспособности региона. Количественная оценка факторов, определяющих различия регионов Российской Федерации по уровню конкурентоспособности, позволила определить, что вариация конкурентоспособности на территории регионов в наибольшей мере зависит от вариации численности выпускников учебных заведений с высшим профессиональным образованием на 1000 человек и удельного веса инвестиций в предприятия, занятые добычей полезных ископаемых. Региональные значения конкурентоспособности наиболее эластичны относительно удельного веса собственных инвестиций, то есть повышение данного показателя на 1 % обуславливает повышение конкурентоспособности на 0,9 %. Практическая значимость данной работы обусловлена возможностью применения результатов исследования федеральными и региональными органами исполнительной власти в качестве информационного представления при разработке программ повышения уровня конкурентоспособности регионов РФ. Кроме того, итоги исследования возможно применить в работе органов государственной статистики при комплексной сравнительной оценке уровней конкурентоспособности субъектов Федерации и степени устойчивости их социально-экономического роста.

Summary. In the conditions of market economy the competition is the main driving force of economic growth. The idea about existence of the interregional competition isn't conventional and demands the proof. The phenomena allowing to state existence of the interregional competitive relations which are realized through system of prerequisites of political, economic, legal and technological character were for this purpose studied. Competitiveness – one of the most important characteristics of the territory which level directly influences formation of positive tendencies in development of subjects of the Russian Federation. Productive indicators of level of competitiveness of the region are: a gross regional product on one occupied in economy, production of a gross regional product for one ruble of fixed assets, a gross regional product for one ruble of investments, a share of balanced financial result in a gross regional product. On the basis of private indicators the Pattern method received an integrated indicator of level of competitiveness of region. The quantitative assessment of the factors determining distinctions of regions of the Russian Federation by competitiveness level allowed to define that the competitiveness variation in the territory of regions in the greatest measure depends on a variation of number of graduates of educational institutions with higher education on 1000 people and the specific weight of investments into the enterprises occupied with mining. Regional values of competitiveness are most elastic relatively the specific weight of own investments, that is increase of this indicator for 1 % causes increase of competitiveness for 0.9 %. The practical importance of this work is caused by possibility of application of results of research by federal and regional executive authorities as information representation when developing programs of increase of level of competitiveness of regions of the Russian Federation. Besides, it is possible to apply results of research in work of bodies of the state statistics at a complex comparative assessment of levels of competitiveness of subjects of Federation and degree of stability of their social and economic growth.

Ключевые слова: конкурентоспособность, статистика, регион, регрессионная модель

Keywords: competitiveness, statistics, region, regression model

© Баканач О.В. , Проскурина Н.В. , Токарев Ю.А. , 2015

В условиях рынка экономическая сила государства определяется конкурентоспособностью его производителей. Именно обеспечение конкурентоспособности лежит в основе разработки стратегии развития страны, региона, фирмы. Обеспечение условий для формирования конкурентоспособности является одним из основных национальных и региональных приоритетов государственного регулирования экономики.

Актуальность темы исследования заключается в том, что повышение конкурентоспособности – это приоритетное направление социально-экономической политики для многих стран, в том числе и России. Однако методика оценки конкурентоспособности находится на стадии разработки, многие ее положения носят дискуссионный характер. Сложность формирования концепции конкурентоспособности обусловлена ее многоуровневым и многомерным характером [5, 8].

Объектом исследования являются регионы Российской Федерации. Источником статистических данных служат издания Федеральной службы государственной статистики [6].

Конкурентоспособность как фундаментальная категория экономической науки – это многоуровневая характеристика, в которой в совокупности выражаются экономические, организационно-управленческие, научно-технические, производственные, институциональные и другие характеристики субъектов экономического пространства. В общем виде конкурентоспособность означает способность выполнять свои функции (предназначение, миссию) с требуемыми качеством и стоимостью в условиях конкурентного рынка. Конкурентоспособность может определяться в сравнении с другими аналогичными объектами.

Конкурентоспособность территориальных объектов формируется в условиях, определяемых состоянием региональной экономики и экономики страны в целом. Докладом Европейской комиссии предлагается следующая концепция региональной конкурентоспособности: хотя в каждом регионе имеются фирмы с различными уровнями конкурентоспособности, объективно существуют общие черты региональной экономики, влияющие на конкурентоспособность всех расположенных в нём компаний [7].

Подход к оценке конкурентоспособности региона опирается на модель «национального ромба», предложенную М. Портером [4]. Роль региона в создании конкурентных преимуществ фирм можно исследовать по четырем взаимосвязанным детерминантам, образующим «региональный ромб»:

параметры факторов (природные ресурсы, квалифицированные кадры, капитал, инфраструктура и др.);

условия спроса (уровень дохода, эластичность спроса, требовательность покупателей к качеству товара и услуг и др.);

родственные и поддерживающие отрасли (обеспечивают фирму необходимыми ресурсами, комплектующими, информацией, банковскими, страховыми и другими услугами);

стратегии фирм, их структура и соперничество (создают конкурентную среду и развивают конкурентные преимущества). В свою очередь, каждый из детерминантов анализируется по составляющим, степени их воздействия на конкурентное преимущество региона, а также необходимости их развития.

Конкурентоспособность региона, в этом случае, можно рассматривать как эффективность использования региональных ресурсов, по сравнению с другими регионами, которая выражается в величине валового регионального продукта (ВРП) на душу населения и в его динамике. В рамках задачи формирования конкурентоспособности региона это понятие может быть определено как способность создавать условия для устойчивого развития региона. В рамках социально-экономического подхода отметим, что важнейшим признаком региона, отличающим его от более мелких территориальных единиц, является относительная административно-хозяйственная самостоятельность.

В рамках социально-экономического подхода отметим, что важнейшим признаком региона, отличающим его от более мелких территориальных единиц, является относительная административно-хозяйственная самостоятельность: «Регион представляет собой подсистему социально-экономического комплекса страны, относительно самостоятельную его часть с законченным циклом воспроизводства и специфическими особенностями социально-экономических процессов» [3, с. 448].

Допуская различные толкования термина «регион», мы придерживаемся его интерпретации как субъекта Российской Федерации. Обусловлено это задачами нашего исследования и необходимостью рассмотрения региона как самостоятельной статистической единицы, как объекта длительных статистических наблюдений, как субъекта экономических отношений, действующего рационально в конкурентной межрегиональной среде, имеющего соответствующий орган территориального управления.

Повышение значимости регионов на современном этапе развития российского госу-

дарства обусловлено их срединным положением в иерархии национальной экономики. Именно регионы, являясь центрами межрегиональных обменных процессов, обеспечивают формирование единого информационного, экономического, культурного пространства страны. В рамках процессов децентрализации экономической ответственности регионы становятся «регионами – предпринимателями», активно распоряжающимися своими ресурсами с целью повышения конкурентоспособности.

Смещение региональной парадигмы в сторону конкурентного федерализма требует формирование новых методологических подходов в целях реализации современной региональной политики. В связи с этим важно выявить систему предпосылок, позволяющую рассматривать межрегиональные отношения как конкурентные. К ним можно отнести политические, экономические, правовые и технологические предпосылки.

Политической предпосылкой рассмотрения региона как субъекта конкуренции является государственное устройство РФ на основе принципов федерализма, законодательно представляющее собой добровольное объединение субъектов с делегированием определенных функций центру. В Конституции РФ закреплено равноправие субъектов Федерации и участие в принятии решений на уровне Федерации.

Политическими предпосылками можно считать наличие федеративного устройства государства, определенного Конституцией; разделение полномочий центра и субъектов РФ; разграничение собственности на федеральную, региональную и муниципальную; наличие органов регионального управления; возможность распоряжения региональным бюджетом.

В качестве экономических предпосылок рассматриваются: возможность региона как экономического субъекта вести себя рационально; наличие конкурентной среды в рамках межрегионального взаимодействия; наличие цели и стратегии конкурентного поведения, базирующихся на системе конкретных для данного региона конкурентных преимуществ. Материальной основой экономических предпосылок возможности идентификации региона как субъекта конкурентных отношений является наличие бюджета и региональной собственности. В рамках регионального бюджета, следуя целевым установкам, направленным на повышение уровня жизни людей, проживающих на данной территории, регион (региональные органы управления) разрабатывает стратегию своего устойчивого экономического роста и повышения конкурентоспособности.

В результате приобретения региональными системами относительной экономической самостоятельности любое решение, связанное с межрегиональным взаимодействием, оценивается с точки зрения социально – экономической выгоды. Это обуславливает необходимость выработки новых функций (например, наращивание внешнеэкономического потенциала, развитие межрегиональных торговых связей, поддержка предпринимательства, развитие научного потенциала, защита интересов региона внутри страны и за рубежом) в системе координат рыночного пространства, эффективная реализация которых позволила бы обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие территории [24].

С развитием рыночных отношений, получением относительной экономической самостоятельности регион стал рассматриваться в качестве носителя особых экономических интересов. Сложность региона как социально-экономического образования позволяет рассматривать его в рамках различных концепций.

Регион как квазикорпорация представляет собой крупнейший субъект собственности (государственной и муниципальной, частной, смешанной) и субъект экономической деятельности. Регионы являются участниками межрегиональной и межстрановой конкурентной борьбы на рынках товаров, услуг, капитала [1].

Результат конкурентной борьбы – изменение финансового состояния региона, т. е. состояния региональных финансовых ресурсов (общественных финансов, корпоративных финансов, финансов населения) вследствие производственной деятельности региона.

Государственной целью настоящего периода является повышение уровня жизни населения РФ на основе устойчивого качественного экономического роста экономики. Реализация этой цели возможна только в условиях комплексного подхода к решению поставленных задач, что обуславливает необходимость исследования процессов экономического роста и конкурентоспособности в неотрывной взаимосвязи с изменениями уровня жизни населения, повышением инвестиционной и инновационной активности, улучшением экологической ситуации в регионах.

Конкретно-ориентированная трактовка концепции качества устойчивого экономического роста как компонента социально-экономического развития делает ее тесно взаимосвязанной с проблемой конкурентоспособности. И в модели конкурентоспособной экономики, и в концепции устойчивого развития основным определяющим критерием является рост благо-

состояния граждан. Однако конкурентоспособность может быть обусловлена как конкурентными (развитие инновационной экономики), так и сравнительными преимуществами (низкий или высокий уровень доходов и т. д.), что отражается на качестве экономического роста в долгосрочной перспективе.

Система статистических показателей, представляющих регион как квазикорпорацию, должны характеризовать, во-первых, конкурентоспособность региональной экономики и, во-вторых, ее финансовое состояние.

По нашему мнению, результативными показателями уровня конкурентоспособности региона являются:

- 1) валовой региональный продукт (ВРП) на одного занятого в экономике;
- 2) производство валового регионального продукта на 1 рубль основных фондов;
- 3) валовой региональный продукт на 1 рубль инвестиций;
- 4) доля сальдированного финансового результата в валовом региональном продукте.

Человеческий вклад в развитие региона характеризует такой показатель, как ВРП на одного занятого в экономике. Иными словами, данный фактор характеризует производительность труда экономического субъекта посредством участия в создании валового регионального продукта.

Рациональное использование основных фондов регионом характеризует такой статистический показатель, как производство валового регионального продукта на один рубль основных фондов.

Инвестиционная составляющая играет важную роль в развитии бизнеса и уровне занятости населения региона. Для ее оценки предлагается использовать показатель валового регионального продукта на 1 рубль инвестиций.

Показатель доли сальдированного финансового результата в валовом региональном продукте использован для оценки концентрации производств и их рентабельности, а также для отражения финансовой безопасности.

Для того чтобы получить достаточно объективную картину роли и места каждого субъекта Федерации в «формировании» своей конкурентоспособности, мы предлагаем рассчитать Интегральный показатель уровня конкурентоспособности регионов. Инструментарием выступает метод непараметрической статистики – метод «Паттерн».

Его сущность заключается в том, что исходные данные массива первичных данных по

конкретному индикатору Y_i нормируются путём деления на его наибольшее значение $Y_{\max}$.

В результате рассчитываются коэффициенты (K_i), отражающие отношение каждого значения показателя к максимальному, приравненному к 1.

Полученные частные коэффициенты осредняются, что позволяет вывести среднюю многомерную оценку уровня конкурентоспособности по каждому субъекту Российской Федерации.

Таким образом, интервал возможных значений интегрального показателя заключён в границах от 0 (худшее значение) до 1 (лучшее значение).

В результате можно отметить, что наивысшей конкурентоспособностью отличаются регионы: республика Башкортостан, Белгородская область, Сахалинская область, Чукотский автономный округ, г. Санкт-Петербург, Тюменская область, г. Москва и др.

Регионы со средними показателями конкурентоспособности составляют самую многочисленную группу. В числе этих регионов оказались Камчатский край, Республика Бурятия, Республика Северная Осетия – Алания, Калужская область, Воронежская область, Кабардино-Балкарская Республика, Орловская область, Вологодская область, Ростовская область, Тульская область, Рязанская область, Алтайский край и т. д. Самыми неустойчивыми по экономическому развитию можно назвать такие регионы, как Чеченская Республика, Еврейская автономная область, Амурская область, Республика Калмыкия, Тверская область, Республика Дагестан.

Подход к исследованию конкурентоспособности территорий с позиции массовости явления позволяет перейти к применению статистических методов. Количественная оценка факторов, определяющих различия регионов Российской Федерации по уровню конкурентоспособности, предполагает построение многофакторных регрессионных моделей, которые позволяют охарактеризовать закономерности формирования социально-экономических процессов, выявить факторы, оказывающие существенное влияние на вариацию показателей конкурентоспособности регионов. С этой целью в данной работе использован многошаговый регрессионный анализ.

Представляется целесообразным применить подход к построению типологических регрессионных моделей с учетом разнородности в

исходных характеристиках регионов. При формировании массива исходных данных для исследования в качестве совокупности наблюдений выступают регионы Российской Федерации.

Исследуемая совокупность отвечает важнейшим требованиям корреляционно-регрессионного анализа – массовости и однородности по исследуемым признакам, что было достигнуто путем исключения аномальных наблюдений. Наличие выбросов в ходе исследования определялось на основе диаграммы рассеяния предсказанных значений интегрального показателя и квадратов остатков.

Важным условием проведения корреляционно-регрессионного анализа является отсутствие мультиколлинеарности. Наличие мультиколлинеарности может привести к искажению величины параметров модели, а также к изменению смысла экономической интерпретации коэффициентов регрессии. Поэтому для проведения корреляционно-регрессионного анализа в первую очередь необходимо построить матрицу парных коэффициентов корреляции для оценки степени влияния факторов друг на друга и исключения из модели связанных факторных признаков, то есть в построенных нами регрессионных моделях отсутствуют мультиколлинеарные признаки-факторы.

В качестве результативного показателя (Y) выступает интегральный показатель уровня конкурентоспособности регионов. Факторами выступают 26 признаков ($X_1 \dots X_{26}$), разделённых по группам: «Демографический потенциал», «Трудовой потенциал», «Экономические факторы», «Инвестиционно-инновационный потенциал», «Природно-географические факторы».

Проблема отбора факторных признаков для построения моделей решена на основе метода пошаговой регрессии. Идея многошагового анализа заключается в проведении ряда расчетных итераций, в ходе которых осуществляется последовательное включение в состав модели всех отобранных с помощью теоретического анализа факторов и оценки на каждом шаге меры существенности влияния на результативный показатель всех учтенных моделью факторов и сходимости результатов. Для проведения корреляционно-регрессионного анализа данным методом воспользуемся модулем «Множественная регрессия/ Пошаговая (гребневая) регрессия с включением факторов» программного продукта STATISTICA.

Проведенный регрессионный анализ позволил построить модель дифференциации конкурентоспособности регионов РФ.

Итогом анализа взаимосвязей между показателями является уравнение:

$$\hat{y} = 0,281 + 0,02 x_3 - 0,01 x_7 + 0,01 x_{11} + 0,224 x_{13}, \quad (1)$$

где X_3 – численность выпускников учебных заведений высшего профессионального образования (в расчёте на 1000 жителей); X_7 – уровень безработицы, %; X_{11} – удельный вес инвестиций по источникам средств (собственные), %; X_{13} – удельный вес инвестиций по видам экономической деятельности (добыча полезных ископаемых), %.

Сделаем интерпретацию параметров модели. Так, с увеличением численности выпускников заведений высшим профессиональным образованием на 1 чел. (в расчёте на 1000 жителей) конкурентоспособность региона имеет следствием рост на 0,02 пункта при осредненном влиянии других факторов; с увеличением безработицы на 1 % конкурентоспособность снижается на 0,01 пункт.

Повышение удельного веса собственных инвестиций на 1 % обеспечивает повышение конкурентоспособности на 0,01 пункт. С ростом удельного веса инвестиций в предприятия, занятые добычей полезных ископаемых, на 1 % моделируемый показатель возрастает на 0,224 пункта.

Можно сделать вывод, что 44,8 % вариации интегрального показателя конкурентоспособности объясняется вариацией численности выпускников учебных заведений с высшим профессиональным образованием (на 1000 человек), уровнем безработицы, удельным весом собственных инвестиций и удельным весом инвестиций в предприятия, занятые добычей полезных ископаемых; при уровне значимости $\alpha = 0,05$ гипотеза о значимости данной регрессионной модели подтверждается.

К числу наиболее характерной относится зависимость конкурентоспособности региона от численности выпускников учебных заведений с высшим профессиональным образованием. Коэффициент корреляции между рассматриваемыми переменными составляет 0,53.

Для практического использования моделей регрессии большое значение имеет их адекватность, т. е. соответствие фактическим статистическим данным. Проверка адекватности моделей, построенных на основе уравнения регрессии, начинается с проверки значимости каждого коэффициента регрессии.

Проверка значимости коэффициентов регрессии осуществляется с помощью t-критерия Стьюдента.

В ходе проверки гипотезы о существенности коэффициентов моделей регрессии на уровне значимости 0,05 все признаки-факторы, а также свободный член уравнения регрессии оказались статистически значимыми (расчетное значение t-критерия Стьюдента по модулю превышает табличное значение).

Проверка адекватности всей модели осуществляется с помощью расчета F-критерия. Наблюдаемое значение критерия (16,858) существенно превышает критическое значение.

Регрессионные коэффициенты не являются индикатором относительной значимости переменных, поскольку их величина зависит от единиц измерения переменных. Для достижения сравнимости параметров на основе полученного регрессионного уравнения рассчитаны частные коэффициенты эластичности, β -коэффициент и частный коэффициент детерминации.

Для интерпретации уравнения регрессии рассчитывается частный коэффициент эластичности по следующей формуле:

$$\varepsilon_{x_i} = a_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{y} \quad (2)$$

Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов в среднем изменяется результативный показатель, если соответствующий факторный признак увеличится на 1 % при условии, что остальные факторные показатели останутся постоянными. Частные коэффициенты эластичности характеризуют интенсивность влияния факторов-аргументов на формирование территориальных различий конкурентоспособности регионов, однако они не могут быть положены в основу установления приоритетности факторных признаков, поскольку не учитывают масштабов влияния аргументов, определяемых уровнями вариации, на зависимую величину.

Для устранения различий в степени колеблемости переменных используются β -коэффициенты, существенно уточняющие приоритетность факторов и создающие более реальное представление о влиянии факторных признаков на результативный показатель. В случае совпадения знаков при парных коэффициентах корреляции и β -коэффициентах логически подтверждается правильность полученного решения.

Модель, переведенная в стандартизованный масштаб, будет иметь следующий вид:

$$\bar{t}_y = 0,515_{x_3} - 0,074_{x_7} + 0,189_{x_{11}} + 0,362_{x_{13}} \quad (3)$$

Параметры этого выражения характеризуют то, в какой степени изменится стандартизованное значение зависимой величины при изменении значений факторов на величину их среднеквадратического отклонения. Сопоставив β -коэффициенты, нетрудно установить, что приоритетность факторов конкурентоспособности регионов характеризуется последовательностью: численность выпускников учебных заведений с высшим профессиональным образованием (x_3), удельный вес инвестиций в предприятия, занятых добычей полезных ископаемых (x_{13}), удельный вес инвестиций, исходя из собственных средств (x_{11}), уровень безработицы (x_7).

Коэффициенты эластичности и β -коэффициенты сравнивают по абсолютной величине. Наибольшая их этих величин (или $|\varepsilon_i|$, или $|\beta_i|$) и соответствует факторному признаку, оказывающему наибольшее влияние на результативный показатель.

Частные коэффициенты детерминации (d_i) дополняют характеристику приоритетности факторов-аргументов, характеризуя меру влияния вариации того или иного фактора-аргумента на процесс формирования дисперсии зависимой переменной. Частные коэффициенты детерминации показывают, на сколько процентов территориальные различия каждого из рассматриваемых факторов определяют территориальную дифференциацию конкурентоспособности регионов.

Расчет критериев для полученной регрессионной модели конкурентоспособности регионов приведен в таблице 1. Суммарное значение частных коэффициентов детерминации равно 0,477. Оно получило название совокупного коэффициента детерминации. Представленные в таблице 1 значения эластичности показывают, что региональные значения конкурентоспособности наиболее эластичны относительно удельного веса инвестиций из собственных средств, то есть повышение данного показателя на 1 % обуславливает повышение конкурентоспособности на 0,9 %.

Моделируемый показатель малоэластичен в отношении численности выпускников учебных заведений с высшим профессиональным образованием и удельного веса инвестиций в предприятия, занятых добычей полезных ископаемых.

Стандартизованные частные коэффициенты регрессии показывают, что вариация конкурентоспособности на территории регионов

в наибольшей мере зависит от вариации численности выпускников учебных заведений с высшим профессиональным образованием

($\beta_3 = 0,515$) и удельного веса инвестиций в предприятия, занятые добычей полезных ископаемых ($\beta_{13} = 0,362$).

Таблица 1

Оценка приоритетности факторов регрессионной модели конкурентоспособности регионов

Фактор-аргумент	Критерии			Приоритетность факторов-аргументов		
	частные коэффициенты эластичности ε_i	β -коэффициенты	частные коэффициенты детерминации d_i	ε_i	β	d_i
X_3	0,084	0,515	0,263	3	1	1
X_7	0,181	-0,074	0,033	2	4	4
X_{11}	0,903	0,189	0,066	1	3	3
X_{13}	0,070	0,362	0,115	4	2	2
Итого	—	—	0,477	—	—	—

Согласно значениям частных коэффициентов детерминации в таблице 1, межрегиональные различия конкурентоспособности на 26,3 % определяются вариацией численности выпускников учебных заведений с высшим профессиональным образованием на 1000 человек, на 11,5 % – вариацией удельного веса инвестиций в предприятия, занятых добычей полезных ископаемых, на 6,6 % – вариацией удельного веса инвестиций, исходя из собственных средств и на 3,3 % – вариацией уровня безработицы. В целом

четырьмя факторами учтено 47,7 % вариации зависимой переменной.

Таким образом, полученные в ходе исследования результаты имеют практическую значимость для федеральных, региональных и муниципальных органов власти, так как позволяют дифференцированно подходить к регулированию социально-экономической ситуации в регионах, корректировать региональную политику путем целенаправленного воздействия на наиболее значимые факторы в конкретных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гранберг А.Г. Основы региональной экономики. М.: ГУ ВШЭ, 2011. 183 с.
- 2 Кузьмин О.М. Статистическое исследование конкурентоспособности регионов РФ: автореф. дис... канд. экон. наук. 08.00.12. Москва, 2011. 24 с.
- 3 Новоселов, А.С. Теория региональных рынков. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2012. 448 с.
- 4 Портер М. Конкуренция. М.: Вильямс, 2010. 521 с.
- 5 Тихомирова Е.И. Экономический рост конкурентоспособность российских регионов: статистико-экономическое исследование. Самара: Издательство Самарского государственного экономического университета, 2013. 420 с.
- 6 Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru>.
- 7 European Commission. Sixth periodic report on the social and economic situation and development of regions in the European Union. EC, Luxembourg, 2014.
- 8 Sachs J. Globalization and Patterns of Economic development. Weltwirtschaftliches, 2010. 350 p.

REFERENCES

1. Granberg A.G. Osnovy regional'noi ekonomiki [Fundamentals of regional economy]. Moscow, GU VShE, 2011. 183 p. (In Russ.).
2. Kuzmin O.M. Statisticheskoe issledovanie regionov [Statistical research of competitiveness of regions of the Russian Federation]. Moscow, 2011. 24 p. (In Russ.).
3. Novoselov A.S. Teoriya regional'nykh rynkov [Theory of the regional markets]. Rostov-on-Don, Feniks, 2012. 448 p. (In Russ.).
4. Porter M. Konkurentsia [Competition]. Moscow, Vil'yams, 2010. 521 p. (In Russ.).
5. Tikhomirova E.I. Ekonomicheskii rost i konkurentosposobnost' regionov [Economic growth competitiveness of the Russian regions: Statistical and economic research]. Samara, CGEU, 2013. 420 p. (In Russ.).
6. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru>. (In Russ.).
7. European Commission. Sixth periodic report on the social and economic situation and development of regions in the European Union. EC, Luxembourg, 2014.
8. Sachs J. Globalization and Patterns of Economic development. Weltwirtschaftliches, 2010. 350 p.

УДК 331.56

Ассистент А.А. Самохвалов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики. тел. (473) 255–27–10

E-mail: uopioe@yandex.ru

студент А.А. Мягков

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов химических производств. тел. (473) 249–91–13

E-mail: miagkov22@gmail.com

Assistant A.A. Samokhvalov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of management, organization of production and the industry of the economy. phone (473) 255–27–10

E-mail: samokhvalov-36@yandex.ru

student A.A. Myagkov

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and apparatus of chemical industry. phone (473) 249–91–13

E-mail: miagkov22@gmail.com

Проблемы безработицы в аспекте ресурсоэффективности экономического развития РФ

Aspect unemployment problem in resource- efficient economic development of Russia

Реферат. В статье рассмотрен вопрос ресурсоэффективности и проблемы безработицы. Подчеркнута важность эффективного использования человеческих ресурсов для отечественных предприятий и страны в целом. Дано определение безработицы, которая является одной из серьезнейших проблем рыночной экономики. Проблема безработицы является одной из самых актуальных на сегодняшний день, особенно для российского рынка труда. Проанализированы в сравнении такие виды безработицы как: фрикционная, структурная и циклическая. Проблему безработицы усугубляет трудное материальное положение, толкающее искать работу домохозяек, пенсионеров, учащихся. Отражены основные подходы для рассмотрения безработицы. Выявлена взаимосвязь между безработицей и экономическим кризисом. Предприятия, находящиеся в кризисных условиях, пытаются лавировать и сохранить свой коллектив. Практикуется система длительных административных отпусков и использование частичной занятости, в результате чего формируется скрытая безработица. Масштабы ее возрастают по мере свертывания производства. Представлены основные методы государственного регулирования способствующие снижению безработицы, связанные с разработкой способов переподготовки безработного населения, социальной поддержкой безработных, содействием в создании дополнительных рабочих мест и др. В работе рассматривается закон «О занятости населения в Российской Федерации» и деятельность регулирующих органов, представлены их основные положения и функции, направленные на материальную поддержку и помощь в поиске работы. Проанализирован уровень безработицы за последние пять лет. На сегодняшний день по данным Федеральной службы государственной статистики безработица в России составляет 5,3 %. Самая низкая безработица на настоящий момент в Москве – менее 1 %, самая высокая в Ингушетии – более 40 %. Но, тем не менее, безработных в нашей стране более семи миллионов человек, а это огромный неиспользуемый ресурс.

Summary. In the article the question of resource efficiency and the problem of unemployment. Stressed the importance of efficient use of human resources for domestic companies and the country as a whole. The definition of unemployment, which is one of the greatest challenges of the market economy. The problem of unemployment is one of the most important today, particularly for the Russian labor market. Analyzed, compared, such as the types of unemployment: frictional, structural and cyclical. The problem of unemployment exacerbates a difficult financial position, pushing to seek work of housewives, pensioners and students. It reflects the main approaches for the consideration of unemployment. The correlation between unemployment and economic crisis. Companies that are in a crisis, trying to maneuver and keep your team. Practice the system of long administrative leave and the use of part-time employment, resulting in a hidden unemployment. The extent of its increase as the phase-out. The main methods of state regulation that reduce unemployment associated with the development of ways of retraining the unemployed, social support for the unemployed, assistance in the creation of additional jobs, and others. We consider the law "On employment in the Russian Federation" and the activities of labor exchanges, represented by their main position and functions designed to support and help in finding work. It analyzes the level of unemployment over the past five years. To date, according to the Federal State Statistics Service, unemployment in Russia is 5.3 %. The lowest unemployment is currently in Moscow – less than 1 %, the highest in Ingushetia – more than 40 %. Nevertheless, unemployment in our country for more than seven million people, and it is a huge untapped resource.

Ключевые слова: ресурсоэффективность, безработица, фрикционная, структурная, биржа труда

Keywords: resource efficiency, unemployment, frictional, structural, labor exchange

Сегодня Россия переживает очередной период кризиса, в связи с чем наиболее остро стоит вопрос эффективного использования трудовых ресурсов и уровень безработицы. Одним из основных движущих факторов развития современной экономики является повышение эффективности использования ресурсов предприятия. В настоящее время, как показывают проведенные исследования, низкая ресурсоэффективность отечественных предприятий в современной экономике служат серьезным барьером для дальнейшего ее экономического роста и развития. Ученые и практики доказали, что ресурсный фактор играет важную роль в экономике. Обеспеченность ресурсами или их дефицит всегда значительно влияли на темпы экономического развития. Для каждого предприятия и страны в целом человеческий ресурс является одним из основных, и его недоиспользование является серьезным упущением [1].

Безработица обусловлена всем ходом социально-экономического развития государства и общества. Она – постоянный элемент, продукт развития производства. В известном смысле можно говорить, что именно оно (производство) и порождает безработицу, которая выступает как макроэкономическое явление, определяющее уровень и темпы экономического развития страны.

Безработица – социально-экономическое явление, при котором активное, трудоспособное население не может найти работу в соответствии с уровнем их образования и квалификации. Безработицу классифицируют по таким типам как: фрикционная, структурная, циклическая, и др.

Фрикционная безработица обусловлена переходом работника с одного места работы на другое в результате увольнения или неудовлетворенности прежним местом из-за изменения профессиональных интересов, места жительства и т. д. Структурная безработица создает сдвиги в технологическом производстве, которые влияют на спрос рабочей силы, также она является вынужденной и долговременной, так как для профессиональной переподготовки необходимо определенное время. Структурная и фрикционная безработица близки по своей сути, но имеют определенные отличия: фрикционные безработные обладают навыками, имеющими ценность на рынке труда, а структурные безработные в силу своей низкой квалификации нуждаются в дополнительном обучении, а в редких случаях необходима смена места проживания.

Циклическая безработица обусловлена спадом в экономическом цикле, при котором

совокупный спрос на товары и услуги уменьшается, предприятия предъявляют меньший спрос на рабочую силу, как следствие, занятость сокращается, а безработица растет [2].

При изучении безработицы в нашей стране применяется три основных подхода для ее рассмотрения: первый подход представляет безработицу как свободный ресурс, который можно использовать в производстве. Вторая группа экономистов считает, что безработица — это определенные условия при которых человек не может трудоустроиться по причинам, не зависящим от него. Представители третьего подхода оценивают безработицу как следствие функционирования хозяйственного механизма, которому свойственны внутренние противоречия рыночной экономики. Все эти подходы имеют право на существование. В каждом из них раскрыт авторский подход к сущности этого явления.

Основной причиной стремительного роста безработицы в современной России, являются всемирный экономический кризис, в результате которого произошёл «обвал» ипотечной системы. На сегодняшний день кризис «поразил» экономику всех стран мира, включая и Россию. Экономический кризис может возникать по различным причинам, но последствия всегда постоянны. В результате кризиса наблюдается резкий спад спроса на продукцию, в результате чего предприятиям приходится сокращать объем выпускаемой продукции. Руководство вынуждено экономить в сложившейся экономической ситуации, закрывать различные проекты, снижать зарплаты или сокращать персонал, что влечет за собой рост безработицы. Проблему безработицы усиливает сложное финансовое положение, заставляющее искать работу школьникам, студентам, домохозяйкам и пенсионерам [3].

В России объемы производства сокращаются в результате структурных изменений. Компании, испытывающие сложности в кризисных условиях, стремятся сохранить свой коллектив. В таких случаях руководство старается отправить своих сотрудников в длительный административный отпуск или переводит их на частичную занятость. В результате чего образовывается скрытая безработица, её масштабы увеличиваются по мере банкротства предприятия. Следует иметь в виду, что высококлассные специалисты уходят с таких предприятий, что приводит к снижению уровня квалификационных производственных работников.

Государство применяет различные методы для снижения уровня безработицы, связанные с переподготовкой безработных, помощь в поиске рабочих мест и предоставлении вакансий и др. Все методы делятся на две группы: активные и пассивные. Активные методы направлены на создание новых рабочих мест в том числе и для молодёжи, организацию образовательных центров для переподготовки кадров, соответствующих современным требованиям; регулирование отраслевой и региональной мобильности кадров, субсидии лицам нуждающимся в социальной защите. Пассивные методы ориентированы на создание систем социальной и материальной помощи безработным. Социальное страхование направлено на получение пособий по безработице с учетом размера прежних заработков, система материальной помощи направлена на обеспечение безработному прожиточного минимума.

Также следует учитывать при рассмотрении вопроса государственного регулирования безработицы, что в стране на уровень безработицы напрямую воздействуют различные виды:

макроэкономическая:

1. Создаются условия, позволяющие повысить спрос на товар. В виду того, что на рынке труда спрос считается производным и зависит от ситуации на рынках товаров и услуг, то занятость возрастет, а безработица упадет в том случае, если товарные рынки предъявят больший спрос и для его удовлетворения надо будет нанять дополнительных работников

социальная:

Безработным выплачиваются пособия;

Бюджетное субсидирование дополнительной (по отношению к фактическому уровню) рабочей силы на действующих предприятиях. Оно может иметь вид кредитования государством зарплаты дополнительно нанятых рабочих;

Предоставление возможности досрочного выхода на пенсию работникам, еще не достигшим пенсионного возраста (этот способ может использоваться только в очень ограниченных масштабах, так как он влечет существенное увеличение пенсионных выплат).

Политика в сфере занятости населения:

Применение в государственном и негосударственном секторах экономики гибких форм занятости и др;

Реализация программ поддержки молодых работников (возможно, создание специальных организаций, привлекающих на работу молодых специалистов);

Предоставление рабочих мест, не ориентированных на получение прибыли, а связанных с работой в интересах общества, например: работа в области охраны окружающей среды и т. д.

Безработица является наиболее острой проблемой для нашей страны на сегодняшний день. Международная Организация Труда относит к безработным ту часть населения, у которой нет постоянного занятия, но постоянно ищет его. Самой уязвимой категорией граждан, являются безработные и их права регулируются Законом «О занятости населения в Российской Федерации». Впервые закон был принят в 1991 г., но впоследствии многократно дополнялся и изменялся. Последние изменения в него вносились в 2007 году. В рамках закона безработные, которые официально зарегистрированы в государственных службах занятости, могут получить материальную поддержку, помощь в освоении новой профессии, переквалификации или получении дополнительного образования, а так же содействие в трудоустройстве [4].

За последние пять лет уровень безработицы в России заметно снизился с 7,8 % до 5,3 %. В январе 2011 года её уровень составлял 7,8 % и стабильно уменьшался на протяжении трех лет. Стоит отметить резкий спад безработицы в первом полугодии 2012 года, тогда он снизился на полтора процента с 6,7 % до 5,2 %. Подобная ситуация наблюдалась и в 2014 году, снижение произошло на 0,8 % с 5,6 % до 4,8 %, но потом, вследствие кризиса и сокращения рабочих мест её уровень вырос до 6 %. На сегодняшний день по данным Федеральной службы государственной статистики безработица в России составляет 5,3 %, а это более семи миллионов человек.

Самая низкая безработица на настоящий момент в Москве – менее 1 %, самая высокая в Ингушетии – более 40 %.

Таблица 1

Уровень безработицы

	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.
Количество безработных, (млн. чел.)	4,8	4,4	4,1	3,9
Количество безработных, (%)	6,6	5,7	5,5	5,2

Для сокращения уровня безработных в Российской Федерации функционируют Службы занятости населения, которые, являющиеся посредником при трудовом найме между работодателем и работником. Она занимается

учетом и трудоустройством безработных, способствует желающим переменить работу, изучает состояние рынка рабочей силы и предоставляет информацию о нем, помогает профессиональной ориентации молодежи. Отказ от работы, предложенной службой занятости, влечет лишение пособия по безработице. Несмотря на деятельность государственной службы по трудоустройству, малая часть вакансий закрывается с её помощью. В связи с чем начали развиваться агентства, которые помогают в трудоустройстве и в подборе персонала.

Таким образом, безработица – это явление, характерное для рыночной экономики всех стран. Оно обусловлено поступательным характером социально – экономического развития общества.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Богомолова И.П., Рязанов А.Н., Самохвалов А.А., Шаров А.В. Управление ресурсосбережением на основе внедрения системы технической диагностики // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 4. С. 304–306
- 2 Гуртов В.П., Парикова Н.А. Цикличность в динамике численности безработных граждан // Человек и труд. 2010. № 6. С. 38.
- 3 Дунаева Н.А., Салахутдинов Р.В. Эффективная занятость российской молодежи – стратегическая проблема // Человек и труд. 2010. № 2. С. 22.
- 4 Есиева И.В. Безработица как одна из глобальных проблем современного мира // Экономика, управление, финансы. 2014. С. 124–126.
- 5 Борисова Е.К. Безработица и ее динамика в России [Электронный ресурс] // Современные научные исследования и инновации. 2013. № 4. Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2013/04/23618>.

К числу основных мероприятий, способствующих снижению безработицы в РФ следует отнести:

Использование гибкого графика занятости населения;

Трудоустройство в социальной сфере;

Реакция программы поддержки выпускников высших учебных заведений [5].

Подводя итоги вышесказанному, можно сделать вывод, что на сегодняшний момент уровень безработицы находится на достаточно низком уровне по сравнению с другими странами, но учитывая масштабы и численность населения нашей страны, становится понятно, что мы упускаем колоссальный ресурс, который может усилить нашу страну на современном этапе развития.

REFERENCES

1. Bogomolova I.P., Ryazanov A.N., Samokhvalov A.A., Sharov A.V. Resource saving management through the introduction of a system of technical diagnostics. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2013, no. 4, pp. 304–306. (In Russ.)
2. Gurtov V.P., Markov N.A. Cyclical dynamics in the number of unemployed. *Chelovek i trud*. [Human and labor], 2010, no. 6, pp. 38. (In Russ.)
3. Dunayeva N.A., Salakhutdinov R.V. The effective employment of the Russian youth – a strategic issue. *Chelovek i trud*. [Human and labor], 2010, no. 2, pp. 22. (In Russ.)
4. Esieva I.V. Unemployment as one of the global problems of the modern world. *Ekonomika, upravlenie, finansy*. [Economics, management and finance], 2014, pp. 124–126. (In Russ.)
5. Borisova E.K. Unemployment and its dynamics in Russia. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*. [Modern scientific research and innovation], 2013, no. 4. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2013/04/23618>. (In Russ.)

УДК 336

Соискатель А.В. Миленков

(АНО ВПО «Российская академия предпринимательства») кафедра «Финансы, кредит и страхование». тел. (919) 7248025

E-mail: milal25@yandex.ru

Applicant A.V. Milenkov

(ANO VPO "Russian Academy of Entrepreneurship") Department "Finance, credit and insurance department". phone (919) 7248025

E-mail: milal25@yandex.ru

Сущность, структура и функции финансовой системы региона

Essence, structure and functions of the regional financial system

Реферат. Научная тематика статьи является актуальной, так как в отечественной и зарубежной экономической литературе понятие "финансовая система" не отвечает требованиям фундаментальной теории систем, в которой системные представления раскрываются как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов в соответствии с поставленной для достижений цели. Каждый из элементов разнородной финансовой системы обладает собственной организационной структурой, включающей институты и организации, отнесенные к ведению данного субъекта государственного управления. В статье изложена авторская трактовка понятий "институциональная структура", "организационная структура" региональной финансовой системы, определяются задачи финансовой системы, состоящие в создании норм и правил ее функционирования, излагаются базовые функции для институтов и организаций региональной финансовой системы, анализируются внешние связи финансовой системы, реализация которых является одним из основных условий эффективного функционирования финансовой системы региона, обусловленности ее включения в федеральную и международную финансовую сферу. Вклад автора в развитие темы статьи состоит в конкретизации и уточнении понятий "финансовая система", "институциональная и организационная структура региональной финансовой системы", в разработке методических подходов к формулированию и использованию способов решения институциональных и организационных задач финансовой системы региона, рационализации норм и правил ее текущего функционирования и перспективного развития, определению состава базовых функций, адекватных специализации и особенностям деятельности институтов и организаций региональной финансовой системы.

Summary. The scientific themes of the article is relevant, as in the domestic and foreign economic literature, the term "financial system" does not comply with the fundamental theory of systems in which the system views revealed as a set of interrelated and interacting elements in accordance with the set to achieve the goal. Each of the elements of multi-level financial system has its own organizational structure, consisting of institutions and organizations within the jurisdiction of the entity government. In the article the author's interpretation of the concepts of "institutional framework", "organizational structure" of the regional financial system, defined the task of the financial system was to create rules and regulations of its operation, set out the basic functions of the institutions and organizations of the regional financial system, analyzes the external communication of the financial system, the implementation of which is one of the basic conditions for the effective functioning of the financial system in the region due to its inclusion in the federal and international financial sector. The contribution of the author in the development of the theme of the article is to specify and clarify the concepts of "the financial system", "institutional and organizational structure of the regional financial system," the development of methodological approaches to the formulation and use of methods of solving the institutional and organizational problems of the financial system in the region, the rationalization of the rules and regulations it current operation and future development, the definition of the composition of the basic functions that are adequate specialization and features of the institutes and organizations of the regional financial system.

Ключевые слова: финансовая система, региональные финансы, институциональные и организационная структура региональной финансовой системы, базовые функции институтов и организаций финансовой системы.

Keywords: financial system, regional finance, institutional and organizational structure of the regional financial system, the basic functions of the institutions and organizations of the financial system.

Современная отечественная и зарубежная экономическая литература предлагает большое число разнообразных, по сути и содержанию, трактовок термина «финансовая система» [1, 2], общим недостатком которых следует признать отсутствие отражения в них требований фундаментальной теории систем, где система определяется как совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, направленных на достижение общей цели.

Учитывая требования теории систем и положения теории финансов, представляется обоснованным определить финансовую систему, как совокупность институтов и организаций, целью которой является обеспечение эффективного развития социально-экономической системы в целом на основе рационального распределения и перераспределения совокупного общественного продукта, выраженного в стоимостной форме.

© Миленков А.В., 2015

С системных позиций финансовая система (сфера финансов) представляет собой одну из важнейших подсистем экономической системы государства наряду с производственной подсистемой (сферой производства), социальной подсистемой (социальной сферой) и объединяющих их в единое целое подсистемой (сферой) государственного управления [3]. Данное положение позволяет обосновать разнородное (иерархическое) устройство сферы финансов, адекватное иерархии системы в целом (и каждого из ее элементов) и выделить в ней такие уровни как общегосударственные финансы (в федеративном государстве – федеральные), региональные финансы (в федеративном государстве – финансы субъекта федерации) и местные (муниципальные) финансы.

Каждый из элементов разнородной финансовой системы обладает собственной организационной структурой, включающей институты и организации, отнесенные к ведению данного субъекта государственного управления. Подчеркнем при этом то, что термин «ведение» не предполагает каких-либо прав субъекта на администрирование в отношении организаций, а выполняет определенные отношения между ними, реализуемые посредством согласований. С этих позиций в состав федеральных финансов включаются, например, федеральный бюджет (институт федерального бюджетного права), министерство финансов (организация, реализующая функции федеральных финансов), финансово-кредитные организации со значительной долей федеральной собственности и другие элементы.

В то же время, в состав региональных финансов (финансовой системы региона, сферы региональных финансов) необходимо включать, например, бюджет субъекта федерации, исполнительные органы государственного финансового управления субъекта федерации, региональные офисы финансово-кредитных организаций (центральные, филиалы, представительства; в том числе, федеральных) и другие.

Исходя из приведенных составляющих региональных финансов, финансовую систему региона Российской Федерации в логико-вербальной форме можно представить, как взаимодействующую друг с другом и с федеральной финансовой системой совокупность институтов и организаций, обеспечивающих социально-экономическое развитие субъекта федерации посредством формирования денежных отношений и организации движения денежных средств субъектов хозяйственной жизни, расположенных на подведомственной территории.

Необходимо подчеркнуть, что финансовая система региона является открытой, то есть она имеет множество внешних связей, реализация которых является принципиальным условием эффективного функционирования этого элемента экономики субъекта федерации, обуславливая его включенность в федеральную и международную финансовую сферу.

В структурном отношении следует различать институциональную и субъектную (организационную) структуру региональной финансовой системы.

Согласно современной теории институционализма [4, 5], общественные институты выражены в постоянно повторяющихся и воспроизводящихся отношениях членов общества и представляют собой устойчивые совокупности групп субъектов (физических и юридических лиц). При этом выделяются две группы таких совокупностей – политические и экономические, объединяющей частью которых является общий институт финансов, включающий такие локальные институты, как кредитование, страхование, инвестирование и другие.

Каждый из локальных институтов, как справедливо отмечено в научных трудах ряда ученых [6, 7], представлен определенными (специализированными) нормами и правилами (формальными, например, банковское право и неформальными), составляющими базу их функционирования и взаимодействия. В то же время финансовые локальные институты функционируют в области действия общеэкономических норм и правил (например, хозяйственное право), которые определяют допустимые границы их взаимоотношений с субъектами внешней деловой сферы.

В соответствии с фундаментальными положениями современной институциональной экономики [8] и изложенными выше положениями, институциональную структуру региональной финансовой системы следует понимать как определенный упорядоченный набор финансовых институтов, действующих в соответствии с общенациональными, региональными нормами и правилами, формирующих региональную матрицу функционирования, определяющую возможности и ограничения для территориальных организаций в области денежного обращения.

При этом главная институциональная задача финансовой системы региона состоит в создании таких норм и правил ее функционирования, которые создадут благоприятные условия

для успешного и устойчивого социально-экономического развития субъекта федерации. Исходя из этого, для институтов региональной финансовой системы, на наш взгляд, должны выступать такие базовые функции, как:

разработка предложений по совершенствованию федеральной и региональной нормативной базы, определяющей возможности влияния сферы финансов на результаты социально-экономического развития субъекта федерации;

лоббирование интересов финансовой системы региона в представительных и исполнительных органах власти субъекта федерации, при условии их позитивного влияния на результаты социально-экономического развития субъекта федерации;

контроль соблюдения организациями региональной финансовой системы действующих нормативных актов и принятых форм отношений между участниками процесса денежного обращения субъекта федерации.

Принципиальное значение развитой институциональной структуры региональной финансовой системы для нормального функционирования денежного оборота субъекта федерации определяется тем, что каждый отдельный субъект сферы финансов действует в соответствии с установленным порядком и, следовательно, он становится неотъемлемой частью системы.

Отметим, в этой связи то, что контролеры организационных элементов сферы финансов (организации и предприятия иных сфер деятельности, независимо от их территориальной принадлежности), могут при этом уверенно прогнозировать общие способы средне-, долгосрочного развития и выстраивать адекватный этим способам механизм взаимоотношений.

Организационная структура региональной финансовой системы представляет собой совокупность организаций, выполняющих функции регулирования денежного обращения на территории субъекта федерации, действующих, как носители норм и правил, установленных институциональной структурой.

ЛИТЕРАТУРА

1 Белоглазова Г.Н., Романовский М.В. Финансы и кредит. М.: Юрайт, 2011.

2 Banks E. Finance the basics. N.Y: Simultaneously published, 2007.

3 Куцури Г.Н. Текущее и стратегическое регулирование финансовой системы региона // Вестник Северо-Осетинского государственного университета имени Коста Левановича Хетагурова. 2013. № 4. С. 424–428.

Организации, так же как и институты региональной финансовой системы, ориентированы на выполнение комплекса функций, адекватных их специфике и специализации [9]. Однако общей задачей функций, как и у финансовых институтов, является эффективное участие в социально-экономическом развитии региона.

В состав базовых функций указанной составляющей региональной экономики, на наш взгляд, целесообразно включить:

соблюдение институциональных условий функционирования банковских, страховых, инвестиционных и иных организаций региональной финансовой системы, как условия координации деятельности в интересах социально-экономического развития региона;

привлечение средств в основной капитал организаций сферы финансов региона с целью увеличения потенциала их влияния на процессы социально-экономического развития субъекта федерации;

рациональное распределение средств, аккумулированных в организациях региональной финансовой системы, обеспечивающее социально-экономическое развитие региона в соответствии с долгосрочными планами и целевыми комплексными программами субъекта федерации.

Таким образом, финансовая система региона, представляющая собой совокупность институтов, организаций, обеспечивающих эффективное развитие социально-экономической системы на основе распределения стоимостного совокупного общественного продукта, обладая институциональной и субъектной (организационной) структурой, в своей целевой направленности развития решает институциональные и организационные задачи, исходя из соблюдения установленных норм и правил, создающих благоприятные условия для успешного и устойчивого социально-экономического развития региона, выполнения состава организационных и институциональных базовых функций региональной финансовой системы.

4 Фуруботн Э.Г., Рихтер Р. Институты и экономическая теория: Достижения новой институциональной экономической теории. СПб.: СПбГУ, 2005.

5 Одинцова М.И. Институциональная экономика. М.: Юрайт, 2014.

6 Williamson Oliver E. The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead // Journal of Economic Literature. 2000. № 38 (3).

7 Сухарев О.С. Экономический рост, институты и технологии. М.: Финансы и статистика, 2015.

8 North D.C. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge, 1990.

9 Казакова О.Б. Институциональные условия инновационного развития экономики. М.: Палеотип, 2012

REFERENCES

1 Beloglazova G.N., Romanovsky M.V. *Finansy i kredit* [Finance and credit]. Moscow, Yurait, 2011. (In Russ.).

2 Banks E. *Finance the basics*. New York, Simultaneously published, 2007.

3 Kutsuri G.N. Current and strategic regulation of the financial system in the region. *Vestnik Severo-Osetinskogogosudarstvennogo universiteta imeni Kosta Levanovicha Hetagurova*. [Herald of the North Ossetian State University of Costa Levanovich Khetagurov], 2013, no. 4, pp. 424–428. (In Russ.).

4 Furubotn E.G., Rihter R. *Instituti i ekonomicheskaia teoriya: Dostizhenia novoi institutsialnoi ekonomicheskoi theory*. [Institutions and Economic Theory: Achievements of the New Institutional Economics], Saint-Petersburg, SPbGU, 2005. (In Russ.).

5 Odintsova M.I. *Institutsional'naya ekonomika* [Institutional Economics]. Moscow, Yurait, 2014. (In Russ.).

6 Williamson Oliver E. *The New Institutional Economics: Taking Stock, Looking Ahead*. *Journal of Economic Literature*, 2000, № 38 (3).

7 Sukharev O.S. *Ekonomicheskii rost, instituty i tekhnologii* [Economic growth, institutions, and technologies]. Moscow, Finansy i statistika, 2015. (In Russ.).

8 North D.C. *Institutions, institutional change and economic performance*. Cambridge, 1990.

Kazakova O.B. *Institutsional'nye usloviya innovatsionnogo razvitiya ekonomiki* [Institutional conditions of innovative development of the economy]. Moscow, Paleotype, 2012. (In Russ.).

УДК 338

Доцент О.Н. Киселева

(Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина)

кафедра прикладной экономики и управления инновациями.

тел. 89272233977.

E-mail: o.kirichenko@rambler.ru

Assistant professor O.N. Kiseleva

(Saratov State Technical University named after Gagarin Yu. A.)

Department of applied economy and management of innovations.

phone 89272233977.

E-mail: o.kirichenko@rambler.ru

Организационно-управленческие инновации в системе антикризисного управления предприятием

Management innovations in the system of the crisis management of the enterprise

Реферат. В статье рассматривается проблема использования организационно-управленческих инноваций в системе антикризисного управления. Отечественные предприятия функционируют в постоянно изменяющихся условиях и вынуждены непрерывно реагировать на воздействия факторов окружающей среды. Такую возможность предоставляет система антикризисного управления. На основе анализа существующего практического опыта доказано, что в настоящее время наиболее эффективными инструментами антикризисного менеджмента являются инновации. При этом для обеспечения эффективности применяемых антикризисных мероприятий в первую очередь необходимо реализовать инновации в системе управления кризисным предприятием. Такими инновациями являются организационно-управленческие инновации. Данный вид инноваций позволяет обеспечить эффективность системы антикризисного управления и сформировать «правильную» антикризисную программу на предприятии. Среди инноваций, направленных на оптимизацию и повышение эффективности системы управления, автором выделяется система бюджетирования. Как показывает практика, система бюджетирования способна быть не только эффективной системой финансового планирования, но и является важнейшей частью управленческого учета, предоставляющего менеджменту необходимую информацию для принятия актуальных управленческих решений. Не требуя существенных затрат, система бюджетирования является действенным антикризисным инструментом, позволяющим достигнуть желаемых результатов в системе антикризисного менеджмента. В статье представлены возможности системы бюджетирования как организационно-управленческой инновации для каждого вида антикризисного управления. Определены основные требования, соблюдение которых позволит обеспечить «работающую» систему бюджетирования в системе антикризисного менеджмента. На конкретном примере с помощью анализа бюджета движения денежных средств доказана роль системы бюджетирования при определении приоритетных направлений антикризисных мероприятий.

Summary. The problem of the use of the management innovations in the system of crisis management is considered in the article. Domestic enterprises run business in the changing environment and are forced to respond to the impact of environmental factors all the time. The crisis management system is provided this opportunity. The analysis of the practical experience proved that the innovations are the most effective tools of the crisis management at the present time. The management innovations are the primary. These innovations are the base of the "correct" anticrisis program of the enterprise. The possibilities of the budgeting system as the management innovations for each type of the crisis management are presented in the article. The role of the budgeting system for the definition of the priority directions of anticrisis measures is considered on the example of the analysis of cash flow budget. The features of the budgeting as the management innovations for each type of crisis management is presented in the article. The specific example of cash flow budget analysis proved the role of budgeting in determining the priority directions of anti-crisis measures.

Ключевые слова: антикризисное управление, инновации, организационно-управленческие инновации, система бюджетирования, бюджет движения денежных средств.

Keywords: crisis management, innovation, management innovations, budgeting, cash flow budget.

Можно сказать, что на протяжении уже длительного периода отечественные предприятия в той или иной степени находятся в кризисной ситуации. Сначала это переход на рыночные рельсы хозяйствования, спровоцировавший необходимость полной перестройки сложившегося уклада ведения деятельности и ориентации на рынок. Затем, после некоторого подъема и развития отечественной экономики, финансовый кризис 2008 года, определивший «обескровливание» российских предприятий. Потом последовало введение экономических санкций на фоне негативной политической ситуации и нарушение

деловых связей с зарубежными партнерами. Завершающим этапом стало увеличение ставки рефинансирования, ограничивающее доступность средств, необходимых для развития. Соответственно, в такой среде российские предприятия должны постоянно находиться в состоянии готовности реагировать на происходящие изменения, быть гибкими и способными своевременно находить эффективные решения в сложившейся ситуации. Такую возможность предоставляет система антикризисного управления.

Мы не будем вдаваться в подробный анализ дефиниции термина «антикризисное управление». Скажем только, что на сегодняшний день, учитывая актуальность проблемы, существует большое количество различных взглядов специалистов на суть и содержание понятия антикризисного управления. Одни связывают данный вид управления с уже наступившим кризисом на предприятии и обусловленной им процедуры банкротства, другие отождествляют антикризисное управление с деятельностью по предупреждению наступления кризисной ситуации. Третьи рассматривают антикризисный менеджмент как комплекс мероприятий по предотвращению уже возникшей кризисной ситуации и последующему недопущению его возникновения. Приведем здесь определение термина «антикризисное управление», данное Авдошиной З. А., которое, по мнению автора, наиболее полно отражает его суть, а именно: «Антикризисное управление – это совокупность методов, приемов, позволяющих распознавать кризисы, осуществлять их профилактику, преодолевать их негативные последствия, сглаживать течение кризиса» [3].

Учитывая комплексность понятия антикризисного менеджмента, данный вид управленческой деятельности должен включать широкий спектр инструментов, позволяющих эффективно реализовывать функции как по своевременной диагностике возникающей кризисной ситуации, так и по ликвидации уже имеющих место негативных тенденций и предотвращению их возникновения в будущем. Кроме того, система антикризисного управления должна обеспечить разработку и внедрение мероприятий, дающих положительный эффект уже в короткое время. Действительно, предприятие в состоянии уже наступившего кризиса просто не имеет возможности долго «раздумывать» над сложившейся ситуацией, а должно быстро и результативно ее ликвидировать. Таким же образом необходимо осуществить разработку и реализацию превентивных мер, так как в текущих условиях хозяйствования отечественным предприятиям просто нельзя «расслабляться». Изменения внешней среды носят постоянный характер, и скорость реагирования на них определяет возможность сохранения позиций на рынке. С другой стороны, такие мероприятия должны характеризоваться новизной. Действительно, если привычное, текущее ведение дел привело

к возникновению неблагоприятной ситуации, даже пусть под воздействием каких-либо кризисных факторов, то выходом из положения должно стать обращение к чему-то новому, ранее не используемому данным хозяйствующим субъектом. Это «что-то» новое должно «встряхнуть» существующую систему, чтобы предотвратить развитие негативных тенденций и сохранить деятельность хозяйствующего субъекта.

А что в настоящее время характеризует новизной? Что способно улучшить результаты деятельности предприятия и дать, при успешной реализации, существенный положительный эффект? Конечно же, инновации. Опять же, не углубляясь в анализ дефиниции термина «инновация», обобщая существующие взгляды, в качестве последней можно понимать и результат научно-технической деятельности (новая техника, технология, новые продукты и т.п.); и процесс создания, внедрения и распространения новой техники, технологии, организационных форм; и новую потребительскую стоимость, способную более эффективно удовлетворить общественные потребности; и результат инвестирования в научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по созданию новой техники и технологии. При этом основными характерными чертами инновации являются возможность ее практического применения и обеспечение конкретной выгоды пользователю, также инновация должна быть впервые используемым новшеством в той или иной области, независимо от того, применялось ли оно где-либо ранее.

Можно отметить, что проблема использования инноваций в системе антикризисного управления в отечественной экономике в последнее время исследуется все чаще. Например, еще несколько лет назад не многие специалисты решились бы анализировать данный вопрос. Наверно, это было связано с тем, что и антикризисное управление не рассматривалось так широко, а больше сводилось к институту банкротства, и понятие «инновация» трактовалось только как технологическое и техническое новшество, требующее существенных затрат. И о каких инновациях могла идти речь в условиях, близких к прекращению деятельности?

С течением времени происходила эволюция научной мысли о взаимодействии антикризисного и инновационного менеджмента, в результате которой была признана возможность диффузии двух систем, что в настоящее время широко подтверждается

практикой. Менеджментом отечественных предприятий указывается, что изменения являются единственным способом поддержать жизнедеятельность бизнеса, особенно в сложные времена, а внедрение инноваций может вывести компанию на другой уровень и отразиться на финансовых результатах. Так, Павел Черкашин, глава представительства компании Adobe Systems в России и странах СНГ, указывает, что «кризис – отличное время для воплощения идей, которые были отложены в долгий ящик. Мы, например, начинаем реализовывать инновации, касающиеся продаж и работы с клиентами, а также начали работать над специальными версиями продуктов для разных категорий пользователей. С началом кризиса наша компания стала активно экспериментировать с маркетинговыми инструментами...» [5].

Естественно, зарубежная практика предлагает нам широкий спектр примеров реализации так называемой «антикризисной инновационной деятельности». Как правило, это инновации, определяющие экономию и снижающие стоимость предлагаемого продукта. Например, японская инновационная компания Tadaso предоставила возможность студентам бесплатно пользоваться ксероксами, разместив рекламу на обратной стороне бумаги, используемой в устройствах. Компания Inchworm Shoes представила рынку безразмерную обувь для детей, тем самым увеличив объемы реализации и сократив расходы на производство размерной обуви [5].

Следовательно, инновации должны находить широкое применение в системе антикризисного управления. Однако, учитывая специфику инноваций, возникает вопрос: какие именно инновации могут применяться в системе антикризисного управления? Различные специалисты предлагают «свой» набор антикризисных инноваций. Например, Валдайцевым С.В., одним из первых изучавшим проблему взаимодействия антикризисного и инновационного менеджмента, выделяет продуктовые и процессные антикризисные инновации [1]. Другими специалистами указывается, что экономически выгодным и общедоступным, а соответственно, легко применимым в антикризисном управлении видом инновации являются локальные или инкрементные инновации, представляющие собой незначительные изменения в продукте или процессе [6].

Предлагаемые для антикризисного управления инновации в основном направлены

на экономию ресурсов, оптимизацию имущественного комплекса предприятия, сокращение расходов на ведение деятельности, возврат «зависших» средств в виде задолженности дебиторов, «отсечение» убыточных направлений деятельности, замену устаревших технологий более современными и т.д.

Вот здесь и возникает вопрос: каким образом мы при запуске антикризисной программы можем выбрать правильное направление наших усилий и определить, дает ли это ожидаемый эффект? В «погоне» за результатами, очень часто забывается тот факт, что основой эффективных антикризисных решений должна стать соответствующая система управления. Кроме того, как указывается, причиной всех кризисов в первую очередь является неэффективное управление. Именно неэффективность управления следует отнести к наиболее характерной для современных предприятий проблеме, препятствующей их эффективному функционированию в условиях сложившихся рыночных отношений [4].

И тут на первый план «выходят» так называемые организационно-управленческие инновации, которые, в общем, представляют собой изменения в системе управления, организационной структуре, процессах управления. Так, Бычковым В.А. констатируется, что «если бы одностороннюю ориентацию в России на инновацию технологий гармонично увязать с инновацией бизнес-моделей (организационно-управленческими инновациями), то экономический эффект давно превзошел бы самые смелые ожидания» [4].

Поэтому, прежде чем заняться очищением складов от запасов сырья и готовой продукции, возвратом дебиторской задолженности, реализацией неиспользуемых основных и оборотных активов, реструктуризацией и другими антикризисными мероприятиями, мы должны «привести в порядок» действующую систему управления путем внедрения организационно-управленческих инноваций. Только при реализации данного условия, по мнению автора, антикризисные мероприятия достигнут своей цели и позволят предприятию справиться как с уже сложившейся кризисной ситуацией, так и с ожидаемыми негативными явлениями. При этом первоочередными действиями должны стать изменения в системе управления финансами. Действительно, именно в ухудшении финансового состояния предприятия находит выражение влияние любого из кризисных факто-

ров. Поэтому блок управления финансами должен стать и источником своевременных «сигналов» о надвигающихся ухудшениях, и основной для принятия эффективных решений в рамках антикризисной программы.

Исходя из практического опыта, автором утверждается, что в настоящее время одной из наиболее эффективных управленческих технологий в области финансов является система бюджетирования, которая по своей сути является организационно-управленческой инновацией для отечественных предприятий. Действительно, результаты реализации проектов по внедрению системы бюджетирования на отечественных предприятиях показывают, что уже в течение первого месяца после внедрения бюджетных форм можно «увидеть» всю деятельность хозяйствующего субъекта через призму финансовых потоков. Это позволяет менеджменту получить объективную информацию об эффективности деятельности как предприятия в целом, так и отдельных подразделений, «узнать» финансовый цикл предприятия, создать основу для работы с дебиторами и кредиторами, оценить ликвидность хозяйствующего субъекта и т.д.

Особенно актуальность бюджетирования повышается в условиях кризиса. Это определяется следующим:

– Система бюджетирования предполагает формирование планов на предстоящий период. В рамках антикризисного управления в разрабатываемые планы включаются антикризисные мероприятия, что позволяет обеспечить эффективность их планирования и практической реализации.

– Через призму бюджетов отражается вся деятельность предприятия, что позволяет «видеть» всю картину происходящих действий в необходимом для менеджмента, в том числе и антикризисного, разрезе.

– Процедура план-фактного анализа в рамках системы бюджетирования позволяет выявлять не только отклонения, но и их причины. В системе антикризисного управления это позволяет определить влияние кризисных факторов уже на ранних стадиях.

– Система бюджетирования предполагает распределение ответственности за достижение запланированных показателей деятельности. В условиях реализации антикризисных мероприятий четкое распределение ответственности за конкретные действия является залогом успеха.

– Бюджеты, разработанные и внедренные в рамках системы бюджетирования на предприятии, являются частью системы управленческого учета, предоставляющего информацию для целей управления, в том числе и для эффективного антикризисного управления.

– Система бюджетирования позволяет видеть взаимосвязь результатов деятельности предприятия и проводимыми антикризисными мероприятиями и, соответственно, оценить их полезность и эффективность.

– В случае реализации процедур банкротства система бюджетирования позволяет: для наблюдения – дать полную информацию о потенциале предприятия; финансового оздоровления – правильно спланировать и обеспечить исполнение процедуры в соответствии с графиком; для конкурсного производства – предоставить актуальную информацию об имуществе должника; для внешнего управления – сформировать эффективный план развития; для мирового соглашения – обосновать принятие такого решения.

Таким образом, система бюджетирования является необходимым инструментом антикризисного управления, с помощью которого осуществляется эффективная реализация всех функций последнего.

Для того чтобы лучше «увидеть» те возможности, которые предоставляет система бюджетирования для системы антикризисного управления, выделим отдельные виды антикризисного управления на основе классификации, предложенной Цыпленковой М. В. [7]. Согласно указанному автору, выделяют антикризисное управление раннее, опережающее, в период несостоятельности и в период банкротства. Мы объединили антикризисное управление в период несостоятельности и в период банкротства, так как в данном случае система антикризисного управления переходит уже в категорию арбитражного управления, в рамках которого целесообразно выделять уже отдельные процедуры банкротства, для каждой из которых система бюджетирования предоставляет возможности в зависимости от их специфики и цели. Далее представим характеристику перечисленных видов антикризисного управления и потенциал системы бюджетирования для каждого из них.

Раннее антикризисное управление. Характеризуется появлением негативных тенденций в функционировании хозяйствующего субъекта. В первую очередь это отражается на

положении на рынке. Основным направлением антикризисных мероприятий является реализация профилактики кризисных явлений. Система бюджетирования в данном случае предоставляет информационную базу для определения степени влияния кризисных факторов через бюджетные формы и результаты план-фактного анализа, возможности выбора оптимальных превентивных мер путем формирования нескольких вариантов бюджетов на предстоящий период.

Опережающее антикризисное управление. Необходимость данного вида определяется уже явными признаками наступившего кризиса, что выражается в ухудшении финансового состояния хозяйствующего субъекта. Здесь система бюджетирования уже является инструментом не только планирования и выбора наиболее эффективных антикризисных мероприятий, но и инструментом жесткого контроля их выполнения путем установления непосредственной ответственности исполнителей. Бюджеты позволяют «видеть» процесс исполнения, определять отклонения от планов и, соответственно, корректировать управленческие решения для достижения целей антикризисного управления.

Антикризисное управление в период несостоятельности и банкротства. Данный вид антикризисного управления реализуется уже в рамках процедур банкротства. Основной причиной реализации арбитражного управления на предприятии является наличие непогашенной задолженности перед кредиторами в течение определенного периода. Другими словами, хозяйствующий субъект становится должником, лишенный в данный период времени возможности осуществлять расчеты по своим обязательствам. В зависимости от того, имеются ли перспективы погашения накопленной задолженности, может быть введена та или иная процедура банкротства. Система бюджетирования не теряет своей актуальности ни в одной из процедур банкротства. Так, в наблюдении, когда оценивается финансовое состояние должника, система бюджетирования призвана предоставить актуальную информацию о состоянии активов и их источников. Кроме того, через бюджеты обосновываются и расходы на процедуру, а выявленные отклонения в бюджетах за анализируемый период помогают объективно определить факторы, спровоцировавшие ухудшение состояния предприятия. В результате, арбитражный управляющий получает информацию, необхо-

димую для обоснования введения следующей процедуры. Так, если должник не имеет перспектив развития, вводится конкурсное производство. В данной процедуре бюджет балансового листа и бюджет движения денежных средств помогут при формировании конкурсной массы. Если хозяйствующий субъект имеет перспективы «выйти» из сложившейся ситуации, имеют место процедуры финансового оздоровления, внешнего управления и мирового соглашения. Опять же, система бюджетирования предоставит информацию о тенденциях развития, позволит спланировать несколько вариантов развития с различными исходами, а процедура распределения ответственности позволит выстроить жесткий контроль за исполнением с целью достижения цели процедуры.

Конечно же, говорить о разработке и внедрении полноценной системы бюджетирования в системе антикризисного управления можно только при соблюдении следующих условий, а именно:

- наличие достаточной величины времени на весь процесс от разработки до внедрения и отработки процедур;
- наличие персонала, способного «работать» с данной системой;
- отсутствие сопротивления со стороны персонала;
- наличие «простейших» средств автоматизации, например, Excel.

В случае, если какое-либо условие не соблюдается, в рамках антикризисного управления автором предлагается использовать лишь основные бюджетные формы, а именно: бюджет движения денежных средств, бюджет доходов и расходов, бюджет балансового листа. Почему только эти формы? Во-первых, учитывая сложившуюся кризисную ситуацию, требующую незамедлительных действий, период разработки и внедрения всей бюджетной структуры, начиная с бюджета продаж, будет губительным. Это потребует не только определенного времени, но и может спровоцировать напряженность в отношениях с работниками. Как показывает практика, внедрение чего-то нового на предприятии влечет определенное сопротивление со стороны персонала, а в условиях кризиса это сопротивление может и в некоторой степени возрасти. Гораздо легче пройдет внедрение процедуры составления указанных бюджетов, делегировав ответственность на какого-либо из управленцев (конечно же, обладающего соответствующими полномочиями и квалификацией). Это не

потребуется много времени и вовлечет небольшое количество персонала. В-вторых, эти формы способны отразить основные ключевые характеристики деятельности хозяйствующего субъекта, а именно: его ликвидность и платежеспособность (бюджет движения денежных средств), эффективность деятельности (бюджет доходов и расходов), наличие имущества (бюджет балансового листа).

В качестве примера, подтверждающего необходимость внедрения системы бюджетирования как организационно-управленческой инновации в рамках антикризисного управления, приведем ситуацию, имеющую место в одном из подразделений торговой компании. Основным видом деятельности подразделения является оптовая и розничная торговля строительными материалами. На рынке данное подразделение работает уже продолжительное время, имеет наработанную базу клиентов и положительную репутацию. По своему статусу подразделение для компании является центром маржинального дохода.

К моменту фиксации его состояния подразделение на протяжении уже некоторого периода испытывало негативное влияние кризисных факторов, основными из которых являлись:

- ужесточение конкуренции на рынке вследствие увеличения числа участников рынка;
- появление крупных торговых сетей, предоставляющих аналогичный товар по более низким ценам;
- компания одновременно открыла еще несколько подразделений, содержание которых осуществлялось за счет прибыли «нашего» подразделения.

В итоге, к началу сезонного увеличения продаж подразделение оказалось лишенным необходимых для пополнения запасов товаров средств. Понимая существующую угрозу, собственник компании принял решение о выделении «финансовой помощи» подразделению для приобретения необходимых запасов. При этом для обеспечения «прозрачности» и контроля расходования выделенных средств руководителю подразделения было предложено отобразить планируемые действия в бюджете движения денежных средств.

Результаты формирования руководителем подразделения бюджета движения денежных средств на планируемый период (месяц) представлены в таблице 1.

Бюджет движения денежных средств
подразделения на планируемый месяц

Наименование статей	Планируемый период
ОПЕРАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Поступления денежных средств, тыс.руб.	49 000
в том числе	
Поступления от реализации товаров, всего, тыс.руб.	30 000
Справочно	
<i>Дебиторская задолженность покупателей, тыс.руб.</i>	16 822
Прочие поступления, тыс.руб.	19 000
Выплаты денежных средств, тыс.руб.	28 821
в том числе	
Оплата товаров, тыс.руб.	26 500
Справочно	
<i>Кредиторская задолженность перед поставщиками, тыс.руб.</i>	23 425
Транспортные расходы, тыс.руб.	300
Оплата труда, тыс.руб.	810
Страховые взносы, тыс.руб.	
Арендные платежи, тыс.руб.	811
Услуги сторонних организаций, тыс.руб.	100
Материальные расходы на обслуживание и содержание подразделения, тыс.руб.	300
Командировочные расходы, тыс.руб.	0
Налоги, тыс.руб.	0
Прочие, тыс.руб.	0
Сальдо от операционной деятельности, тыс. руб.	20 179
ФИНАНСОВАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	
Поступления денежных средств, тыс. руб.	0
в том числе	
Займы, тыс.руб.	0
Выплаты денежных средств, тыс. руб.	3 350
в том числе	
Погашение основного долга по полученным займам, тыс.руб.	3 350
Сальдо от финансовой деятельности, тыс. руб.	-3 350
Всего поступлений, тыс. руб.	49 000
Всего выплат тыс. руб.	32 171
ДЕНЕЖНЫЙ ПОТОК, тыс. руб.	16 829

Важно отметить, что представленная форма бюджета движения денежных средств является упрощенной и не содержит некоторые основные составные части. В форме отсутствуют строки «Вступительное сальдо», отсутствует раздел «Инвестиционная деятельность».

Также бюджет не содержит столбцы для фактических данных и результатов определения отклонений (для проведения план-фактного анализа). Тем не менее, негативного влияния на отображение целесообразности действий руководителя подразделения это не повлияло.

Как видим, в таблице отображены поступления в планируемый период в размере 49 000 тыс.руб., в том числе 30 000 тыс.руб. планируется получить за счет реализации продукции, а 19 000 тыс.руб. представляют собой средства, полученные в качестве помощи на пополнение оборотных средств от собственника компании. Далее в разделе «Операционная деятельность» отражаются планируемые текущие расходы, связанные с приобретением товаров для перепродажи и содержанием подразделения.

В разделе «Финансовая деятельность» руководителем отражены выплаты денежных средств в счет погашения долга по полученным займам. При этом интересно, что в качестве данной выплаты понимается погашение части полученной от собственника помощи! Другими словами, руководитель подразделения планирует часть (около 18 %) поступивших денежных средств, выделенных с целью улучшения состояния подразделения, вернуть в том же периоде, так и не воспользовавшись ими. Учитывая, что в сезонный период маржа с реализации единицы продукции для подразделения составляет от 15 % до 35 %, можно представить, какая недополученная прибыль соответствует действиям руководителя подразделения.

В результате, в планируемом периоде руководитель ожидает положительный денежный поток в размере 16 829 тыс. руб. При этом из бюджета можно увидеть, что никаких действий по возврату дебиторской задолженности

предпринимать не планируется (отсутствует строка поступлений по возврату дебиторской задолженности), а сумма накопленной кредиторской задолженности почти в два раза превышает сальдо денежных средств в рассматриваемом периоде.

Бюджет движения денежных средств подразделения отразил нецелесообразность планируемых руководителем действий, выраженную в возврате почти пятой части полученных средств собственника без их использования, отсутствии работы с дебиторами по возврату их задолженности и накоплении кредиторской задолженности, величина которой уже превысила сальдо наличности подразделения. Указанные «узкие места» уже в ближайшей перспективе способны негативно повлиять на финансовое состояние подразделения и определить его ликвидацию как «балласта» для компании в целом.

Таким образом, как показал анализ, проведенный в представленной статье, организационно-управленческие инновации должны находить применение в системе антикризисного управления. Инновации, являясь в настоящее время современным инструментом, способным «помочь» предприятию своевременно реагировать на требования рынка, должны использоваться в системе управления.

При этом первоначально необходимо делать упор именно на организационно-управленческие инновации, направленные на изменения в системах управления. Ведь еще Питер Друкер отводил управлению и его эффективности важнейшую роль. Только эффективная система управления способна обеспечить успешную реализацию антикризисных мероприятий и быть основой дальнейшего развития.

ЛИТЕРАТУРА

1 Валдайцев С. В. Антикризисное управление на основе инноваций: учебник. М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2005. 312 с.

2 Андреева Л.Н., Галимов И. А. Актуальность антикризисного управления для России // Молодой ученый. 2014. № 9. С. 261-263.

3 Авдошина З. А. Антикризисное управление: сущность, диагностика, методики [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.cfin.ru/management/antirecessionary_managment.shtml (14 ноября 2015 г.)

4 Бычков В.А. Новая антикризисная стратегия [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.e-xecutive.ru/knowledge/announcement/1100749/> (14 ноября 2015 г.)

5 Полякова И. Инновационная деятельность, или как увеличить прибыль предприятия в кризис [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fd.ru/articles/39396-innovatsionnaya-deyatelnost-ili-kak-uvelichit-pribyl-predpriyatiya-v-krizis#ixzz3MAW6powm> (17 апреля 2015 г.)

6. Сычева А. С. Инновации экономического класса [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://old.e-xecutive.ru/publications/aspects/innovation/article_5256/ (16 ноября 2015 г.)

7 Цыпленкова М. В. Определение роли антикризисного управления в системе менеджмента организации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vestnik.uapa.ru/en/issue/2012/01/38/> (16 ноября 2015 г.)

REFERENCES

1 Valdaitsev S. V. Antikrizisnoe upravlenie na osnove innovacij [Anti-crisis management on the innovation basic]. Moscow, TK Velbi, Izd-vo Prospekt, 2005. 312 p. (In Russ.).

2 Andreeva L.N., Galimov I. A. The urgency of crisis management for Russia. *Molodi uchenyi*. [Young scientist], 2014, no. 3, pp. 261-263. (In Russ.).

3 Avdoshina Z. A. Antikrizisnoe upravlenie: sushhnost', diagnostika, metodiki [Crisis management: essence, diagnostics, methods] Available at: http://www.cfin.ru/management/antirecessionary_managment.shtml (Accessed 14 November 2015).

4 Bychkov V.A. Novaya antikrizisnaya strategiya [New anti-crisis strategy]. Available at: <http://www.e-xecutive.ru/knowledge/announcement/1100749/> (Accessed 14 November 2015).

5 Polyakova I. Innovatsionnaya deyatel'nost', ili kak uvelichit' pribyl' predpriyatiya v krizis [Innovation activity, or how to increase the profit of the company in crisis]. Available at: <http://fd.ru/articles/39396-innovatsionnaya-deyatelnost-ili-kak-uvelichit-pribyl-predpriyatiya-v-krizis#ixzz3MAW6powm> (Accessed 17 April 2015).

6 Sycheva A. C. Innovacii jekonom-klassa [Innovation Economy Class]. Available at: http://old.e-xecutive.ru/publications/aspects/innovation/article_5256/ (Accessed 16 November 2015).

7 Tsyplenkova M. V. Opredelenie roli antikrizisnogo upravleniya v sisteme menedzhmenta organizacii [Defining the role of crisis management in the management of the organization]. Available at: <http://vestnik.uapa.ru/en/issue/2012/01/38/> Accessed 16 November 2015).

Требования к оформлению материалов для журнала «Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий»

1. Материалы представляются в двух видах: на электронном носителе и распечатанные на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (1 экз.) на лазерном принтере. Они должны быть набраны в редакторе MS Word версия не ниже 6.0 (Office не выше 2007) и напечатаны через одинарный интервал в две колонки шрифтом:

- основной текст - Times New Roman Cyr 11 с полями: левое 22 мм, правое 18 мм, верхнее и нижнее 25 мм;
- колоннотитулы от края - верхний и нижний 18 мм;
- заголовки по центру - Times New Roman Cyr 11, жирный;
- красная строка -1 см;
- перенос слов - автоматический.

Со смещением на 5 см от рамки текста в начале статьи набираются:

- УДК - Times New Roman Cyr 12;
- должность, И. О. Ф., место работы, телефон, Email авторов - Times New Roman Cyr 12 (на русском и английском языках) ;
- название статьи - Times New Roman Cyr 16, жирный, строчной (без переноса) (на русском и английском языках);
- без смещения 5 см реферат - Times New Roman Cyr 9 (объем 200-250 слов на русском и английском языках);
- без смещения 5 см ключевые слова – Times New Roman Cyr 9, до 10 слов (на русском и английском языках);

2. Объем для статьи – 4-8 с. Структурно статья должна иметь четко выраженное *введение*, в котором ставится задача (описывается решаемая проблема), *основную часть*, где излагаются используемые авторами пути решения поставленной задачи, приводятся и обсуждаются результаты, и *заключение*, в сжатой форме подводящее итог работы. Повторение одних и тех же данных в статье, таблице и графике не допускается. Размерность всех характеристик приводится в системе СИ.

3. К каждой статье под заглавием дается реферат (объем 1000-2000 печатных знаков) на русском и английском языках через 1 строку друг от друга. Название статьи, фамилия и инициалы приводятся отдельно на английском языке.

4. Название статьи или краткого сообщения должно быть лаконичным и точно отражать содержание.

5. Иллюстрации в формате jpeg или gif:

- должны быть расположены после ссылки на них в тексте;
- должны выполняться на компьютере с обозначением всех необходимых букв и символов в соответствии с ЕСКД и Р 50-77-80. Все буквенные и цифровые обозначения, приведенные на рисунках, поясняются в основном или подрисуночном тексте. Подрисуночные подписи даются Times New Cyr 10, на формат рисунка.

Графические объекты (диаграммы, графики) должны быть активными (т.е. подлежать редактированию стандартными средствами, например, MS Excel).

6. Формулы и буквенные обозначения:

- буквы латинского алфавита, используемые в индексах, набирают курсивом;
- буквы русского и греческого алфавита - прямым шрифтом; знак вектора - полужирным;
- нумерация формул в тексте сквозная. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsu.ru/>

Формат формул (стандартный редактор) :

- стиль - "математический";
- размер символа — 11

Sizes (Размеры)	
Full (Обычный)	11 – 10
Subscript/Superscript (Крупный индекс)	7
Sub-subscript/Superscript (Мелкий индекс)	5
Symbol (Крупный символ)	12
Subsymbol (Мелкий символ)	9

7. Таблицы (слово печатается вразрядку) должны быть с заголовками и обязательно располагаться после ссылки на них в тексте. Графы в таблицах должны иметь краткие заголовки. Упоминаемые в заголовках величины сопровождаются соответствующими единицами измерений.

8. Литература (слово печатается: Times New Roman Cyr 11, жирный, прописной) на русском и на английском языке включает от 5-10 источников, использованные автором при написании статьи. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках: [1], помещаются в конце статьи. В список не включается литература 10-летней давности. Список литературы должен быть представлен на русском и на английском языках.

8.1. **За правильность приведенных в списке литературы данных ответственность несут авторы.** Библиографический список на русском языке озаглавливается словом ЛИТЕРАТУРА (Times New Roman Cyr 11, полужирный шрифт) и представляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов» (см. Приложение 1). Англоязычная часть библиографического описания озаглавливается словом REFERENCES (Times New Roman Cyr 11, полужирный шрифт) и представляется в адаптированном формате Harvard (см. Приложение 2). Каждый пункт библиографического описания нумеруется, после номера точка не ставится. В библиографическом описании приводятся фамилии авторов до трех, после чего для отечественных публикаций следует указать "и др.", для зарубежных — "et al.". Не допускается смешивать русскоязычную и англоязычную часть в одной ссылке, точно так же, как сокращать русскоязычный список литературы (ЛИТЕРАТУРА), перенося все англоязычные ссылки в REFERENCES. Рекомендуется представлять в REFERENCES, вместо русскоязычного варианта описания журнала-источника, описание его переводной версии при условии ее наличия. Транслитерацию фамилий авторов, названий статей, книг, журналов необходимо проводить, согласно системе транслитерации Библиотеки конгресса США (Library of Congress Slavic (Russian) Transliteration), рекомендуется использовать при этом системы автоматического перевода кириллицы в романский алфавит, а не делать транслитерацию вручную, во избежание ошибок.

9. В журнале публикуется не более 2 статей одного автора. Количество авторов одной статьи не должно превышать 4 человек.

В журнале публикуются оригинальные научные статьи теоретического и экспериментального характера в области технических, естественных, экономических и химических наук. Автор указывает рубрику (в сопроводительном письме и выписке из заседания кафедры), в которой он хотел бы разместить свою статью:

- Процессы и аппараты пищевых производств;
- Информационные технологии, моделирование и управление;
- Пищевая биотехнология;
- Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология;
- Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов;
- Экономика и управление;

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsu.ru/>

Журнал «Вестник ВГУИТ» выходит 4 раза в год: № 1 – март; № 2 – июнь; № 3 – сентябрь; № 4 – декабрь.

Статья должна быть тщательно проверена и подписана всеми авторами. На отдельном листе авторы указывают ФИО полностью, адрес, ученую степень, должность, место работы, контактный телефон, E-mail, а также отмечают с кем вести переписку.

К статье должны прилагаться сопроводительные документы:

- сопроводительное письмо;
- выписка из протокола заседания кафедры с рекомендацией статьи к печати;
- экспертное заключение;
- положительная рецензия ведущего ученого в данной области или члена редакционной коллегии серии, заверенная подписью и печатью.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным. В случае возвращения статьи для исправления датой представления считается день получения исправленного текста. Срок доработки - не более 1 месяца.

Материалы, не соответствующие данным требованиям оформления, к публикации не принимаются. Рукописи авторам не возвращаются.

Плата с аспирантов и докторантов за публикацию рукописей не взимается.

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

КНИГА, МОНОГРАФИЯ:

(кол-во авторов от 1 до 3):

1 Валукин М.Е., Глушков А.И. Эволюция движений в мужском классическом танце. М.: ГИТИС, 2006. 251 с.

(кол-во авторов более 3):

2 Эволюция движений в мужском классическом танце / Валукин М.Е. [и др.]. М.: ГИТИС, 2006. 251 с.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ, УЧЕБНИК:

(кол-во авторов от 1 до 3):

3 Ковшиков В.А., Глухов В.П. Психолингвистика. Теория речевой деятельности: учеб. пособие для студентов педвузов. М.: Высшая школа, 2006. 320 с.

(кол-во авторов более 3):

4 Психолингвистика. Теория речевой деятельности: учеб, пособие для студентов педвузов / Ковшиков В.А. [и др.] М.: Высшая школа, 2006. 320 с.

СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ:

(кол-во авторов от 1 до 3):

5 Ефимова Т.Н., Кусакин А.В., Иванов Б.И. Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл // Проблемы региональной экологии. 2007. Т. 3. № 1. С. 80–86.

(кол-во авторов более 3):

6 Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл / Ефимова Т.Н. [и др.] // Проблемы региональной экологии. 2007. Т. 3. № 1. С. 80–86.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ:

7 Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего образования: сб. науч. тр. / Институт образования взрослых Рос. акад. образования; под ред. А.Е. Марона. М.: ИОВ, 2007. 118 с.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, ФОРУМОВ, СОВЕЩАНИЙ, СЕМИНАРОВ:

8 Ходоскин Д.П. Исследование начальной скорости торможения на регулируемых перекрестках // Политтранспортные системы: мат. VII Всерос. науч.-техн. конф., Красноярск, 25–27 ноября 2010 г. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. С. 578–583.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР:

9 Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья: аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Институт мировой экономики и междунар. отношений. М.: ИМЭМО, 2007. 39 с.

ПАТЕНТ:

порядок описания:

10 Обозначение вида документа, номер, название страны, индекс международной классификации изобретений. Название изобретения / И.О.Фамилия изобретателя, заявителя, патентовладельца; Наименование учреждения-заявителя. Регистрационный номер заявки; Дата подачи; Дата публикации, сведения о публикуемом документе.

пример:

11 Пат. № 2201911, RU, C2 7 C 05 F 11/08, 9/00. Способ утилизации твердых бытовых отходов и получения органического удобрения / Стом Д.И., Солдатов С.В., Казаринова Т.Ф., Никонова Т.С. № 2000132175/13; Заявл. 2000132175; Оpubл. 10.04.2003, Бюлл. № 10.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ:

порядок описания:

Заглавие официального документа: сведения, относящиеся к заглавию (указ, постановление), Дата принятия документа / Название издания. Год издания. Номер (для журнала). Дата и месяц (для газеты). Первая и последняя страницы.

пример:

12 ГОСТ 12.1.033. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения. Введен 01.07.82. М.: Межгосударственный стандарт: ИПК изд-во стандартов, 2001. 7 с.

ДИССЕРТАЦИЯ

13 Якимов М.А. Изучение взаимодействия между компонентами электролитов в тройных водно-солевых системах на примере нитратных систем: дис... д-ра хим. наук: 10.01.71 : защищена 05.02.71: утв. 10.06.71. Л.: ЛГУ, 1971. 200 с.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

14 Якимов М.А. Изучение взаимодействия между компонентами электролитов в тройных водно-солевых системах на примере нитратных систем: автореф. дис. докт. хим. наук : Л.10.01.71 / Л.: ЛГУ, 1971. 40 с.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (если указаны). Название ресурса [Электронный ресурс]. Место издания: Издательство, год издания (если указаны). Адрес локального сетевого ресурса (дата просмотра сайта или последней модификации документа).

пример:

15 Шкловский И. Разум, жизнь, вселенная [Электронный ресурс] М.: Янус, 1996. Режим доступа: <http://www.elibrary/books/shklovsky/titul.htm> (23 ноября 2001 г.)

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ:

СТАТЬЯ ИЗ ЖУРНАЛА:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (транслитерация). Перевод названия статьи на английский. Название русскоязычного источника (транслитерация, *курсивом*). [Перевод названия источника на английский язык (в квадратных скобках)]. Год, том, номер, страницы (от-до). Указание на язык статьи (In Russ.) после описания статьи.

пример:

1 Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing. *Neftyanoe khozyaistvo* [Oil Industry], 2008, vol. 10, no.11, pp. 54-57. (In Russ.).

СТАТЬЯ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА:

2 Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of ComputerMediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

СТАТЬЯ С DOI:

3 Zhang Z., Zhu D. Experimental research on the localized electrochemical micromachining. *Russkii zhurnal elektrokhimii*. [Russian Journal of Electrochemistry], 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926-930. doi: 10.1134/S1023193508080077

СТАТЬЯ ИЗ ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ ИЗДАНИЯ (СБОРНИКА ТРУДОВ):

4 Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints "steel-composite". *Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem»* [Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"], 2006, no. 593, pp. 125-130. (In Russ.).

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ:

5 Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z. [et al.] Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi"* [Proc. 6th Int. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact"]. Moscow, 2007, pp. 267-272. (In Russ.).

КНИГИ (МОНОГРАФИИ, СБОРНИКИ):

6 Nenashv M.F. *Poslednee pravitel'stvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p. (In Russ.).

7 Lindorf L.S., Mamikonians L.G. *Ekspluatatsiya turbogeneratorov s neposredstvennym okhlazhdeniem* [Operation of turbine generators with direct cooling]. Moscow, Energiia Publ., 1972. 352 p. (In Russ.).

8 Kanevskaya R.D. *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov* [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development]. Izhevsk, 2002. 140 p. (In Russ.).

9 Izvekov V.I., Serikhin N.A., Abramov A.I. *Proektirovanie turbogeneratorov* [Design of turbo-generators]. Moscow, MEI Publ., 2005, 440 p. (In Russ.).

10 Latyshev, V.N., *Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friksionnye protsessy pri rezanie metallov* (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting), Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009. (In Russ.).

ПЕРЕВОДНАЯ КНИГА:

11 Timoshenko S.P., Young D.H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: Timoshenko S.P., Iang D.Kh., Uiver U. *Kolebaniia v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p.).

12 Brooking A., Jones P., Cox F. *Expert systems. Principles and case studies*. Chapman and Hall, 1984. 231 p. (Russ. ed.: Bruking A., Dzhons P., Koks F. *Ekspertnye sistemy. Printsipy raboty i primery*. Moscow, Radio i sviaz' Publ., 1987. 224 p.).

НЕОПУБЛИКОВАННЫЙ ДОКУМЕНТ:

13 Latypov A.R., Khasanov M.M., Baikov V.A. *Geology and Production (NGT GiD). The Certificate on official registration of the computer program. No. 2004611198, 2004.* ((In Russ.), unpublished).

ДИССЕРТАЦИЯ ИЛИ АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

14 Semenov V.I. *Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor*. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p. (In Russ.).

ГОСТ:

GOST 8.586.5–2005. *Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie rashkoda i kolichstva zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroistv* [State Standard 8.586.5 – 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russ.).

ПАТЕНТ:

Palkin M.V. *Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia* [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.

List of requirements of drawing up materials in «Proceedings of the Voronezh state university of engineering technologies»

1 All the materials are represented in two ways: on a flash card. The materials should be printed on white sheets of paper on one side only by means of a laser printer. One must use MS-World (6,0 version) to set up a text and keep single line interval. The text must be divided into two columns.

- basic text– Times New Roman Cyr 11 with margins: left one – 22 mm, right one 18 mm, top and bottom 25 mm;
- running titles from tops – top and bottom 18 mm;
- central titles – Times New Roman Cyr 11, in bold type;
- indented line – 1 cm;
- division of words is automatical.

The points below are printed with 5 cm shift from the text frame:

- Universal Decimal Code – Times New Roman Cyr 12;
- post, author's name, middle name, surname – Times New Roman Cyr 12;
- article title – Times New Roman Cyr 16, in bold type, lower case (without division of words);
- without displacement of 5 cm summary - Times New Roman Cyr 9 (volume of 200-250 words in Russian and English);
- without displacement of 5 cm keywords - Times New Roman Cyr 9, up to 10 words in Russian and English);

2 Article extent – under 4 – 8 pages. Any article must have a strict structure with a clearly seen introduction, where the problem is raised, body, where the solutions to the problem are presented and the results are discussed, and a conclusion, where the work results are summed up. Repetition of one and the same data are forbidden. The size of all characteristics are presented within CI system.

3 To each article under the title gives a summary (volume 1000-2000 printed characters) in Russian and English languages in 1 line each other. Article title, surname and initials are given separately in English.

4 The title of the article or a short message must be laconic and show the contents of the article clearly.

5 All the illustrations are made in JPEG or BMP:

- they must be placed after the reference in the text;
- they must be done by means of a computer and be supplied with the letter and symbol marks according to universal system documents (USCP) and R 55-77-80. All The letters and figures presented on the illustration text, must be explained in the basic or in the under illustration text. The marks are given in Times New Cyr 10.

Graphical installations (diagrammes, schedules) should be active (i.e. to be subject to editing by standard means, for example, MS Excel).

6 Formulae and letter marks:

- latin letters, used in indexes, are printed in italic type;
- Russian and Greek letter – Roman type, vector mark in half bold type;
- formulae must be numbered through the text. Only formulae with references are numbered.

Formulae format:

- style – “mathematical”;
- symbol size – 11

Sizes	
Full	11 – 10
Subscript/Superscript	7
Sub-subscript/Superscript	5
Symbol	12
Subsymbol	9

7 Tables (the word itself should be spaced) must be supplied with titles and placed right after the references in the text. All the table columns must have short titles. Magnitudes, mentioned in titles must go along with measurement unit.

8 Literature (the word itself is printed in Times New Roman Cyr 11, in bold type capital) contains sources, author used for article composing. There must be no more than 10 designation. All the references in the text are made in square brackets and placed at the end of article. Literature list mustn't contain unpublished works, textbooks, theses, as well as 10 year – old literature.

8.1 For the correctness of the information provided in the list of literature data the authors are responsible. References in Russian sagauniversal word LITERATURE (Times New Roman Cyr 11 bold font) and submitted in accordance with GOST R 7.0.5-2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules of drawing up". Links to electronic documents must be made according to GOST 7.82-2001 "Bibliographic record. Bibliographic description of electronic resources" (see Appendix 1, 2).

9 Not more than 2 articles of one author can be published in the journal. The number of authors should not exceed 4 persons.

Original scientific articles of theoretical and experimental character are published in the magazine in the field of technical, natural, economic, chemical. The author specifies a heading (in the covering letter and an extract from faculty meeting) in which he would like to place the article:

- Processes and devices of food productions;
- Information technologies, modeling and management;
- Food biotechnology;
- Fundamental and applied chemistry, chemical technology;
- Biotechnology, bionanotechnology and technology of sugary products;
- Economy and management;

The magazine «the Messenger ВГУИТ» leaves 4 times a year: № 1 – March; № 2 – June; № 3 – September; № 4 – December.

The article must be thoroughly checked and signed by all the authors. Name, middle name, last name, address, science degree, position, place of work, telephone number (office and home) E-mail, the person communicate to are pointed out on a separate sheet of paper.

Accompanying deeds should be applied on paper:

- The transmittal letter;
- An extract from the report of faculty meeting with paper recommendation for printing;
- The positive review of the leading scientist in the given area or a member of an editorial board of the series, authenticated by the signature and printing.

The question on paper publication, its deviation is solved by an editorial board of the log and ee the solution is definitive. In case of refund of paper for correction by representation date it is considered day of reception of the corrected text. Finishing term - no more than 1 month.

The materials mismatching given demands of registration, to the publication are not accepted. Manuscripts are not refunded to authors.

The pay for the publication of manuscripts is not raised from post-graduate students.

THE ORDER OF THE LINKS ON THE RUSSIAN LANGUAGE THE BOOK, MONOGRAPH: (number of authors from 1 to 3): 1 Valukin M.E. Ter-Minassian, Glushkov A.I Evolution of movements in the men's classic dance.

M: GITIS, 2006. 251 S. (number of authors more than 3):

2 Evolution of movements in the men's classic dance / Valukin M.E. Ter-Minassian [and others]. M: GITIS, 2006. 251 S. A

TUTORIAL TUTORIAL:

(number of authors from 1 to 3):

3 Scoops V.A. Glukhov, V.P. Psycholinguistics. Theory of speech activity: textbook. manual for students of pedagogical universities. M: Vysshaya SHKOLA, 2006. 320 C. (number of authors more than 3):

4 Psycholinguistics. Theory of speech activity: textbook, a manual for students of pedagogical institutes / Woks VA [and other] M.: Vysshaya SHKOLA, 2006. 320 C. JOURNAL ARTICLE: (number of authors from 1 to 3):

5 Efimova T.N., Kusakin A.V., Ivanov B. I. Protection and rational use of wetlands in the Republic of Mari El // problems of regional ecology. 2007. T. 3. No. 1. C. 80-86. (number of authors more than 3):

6 Protection and rational use of wetlands in the Republic of Mari El / Efimova T.N. [and other] // problems of regional ecology. 2007. T. 3. No. 1. C. 80-86. COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS:

7 Content and technologies of adult education: a problem of the leading education: collected scientific articles. Tr. / Institute of adult education Grew. Acad. education; Ed. by A. Maron. M: JOB, 2007. 118 S.

MATERIALS OF CONFERENCES, FORUMS, MEETINGS, SEMINARS:

8 Chogokin D.P. Study initial speed braking controlled junctions // Polytransport system: Mat. VII vseros. nauch.-the technology. Conf., Krasnoyarsk, November 25-27, 2010, Novosibirsk: Publishing house of the STU, 2010. C. 578-583.

ANALYTICAL REVIEW:

9 Economy and politics of Russia and CIS countries: Analyt. review, APR. 2007 / Rus. Acad. Sciences, Institute of world economy and international. relations. M: IMEMO, 2007. 39 C.

PATENT:

order description:

10 Designation of the document, number, the name of the country, the index of the international classification of inventions. The title of the invention / full Name of the inventor, the applicant, the patent holder; name of the institution the applicant. Registration number of the application; the date of filing; date of publication, information about the published document.

example:

11 Pat. no 2201911, EN, C2 7 05 F 11/08, 9/00. The method of disposal of solid household waste and produce organic fertilizer / a Shrub DI, Soldatov S.V., Kazarinova TV, Nikonov T.S. no 2000132175/13; Appl. 2000132175; Publ. 10.04.2003, bull. Number 10.

LEGAL DOCUMENTS:

order description:

The official title of the document: information relating to the title (decree, decision)date of adoption of the document / edition Name. Year of publication. Room (log). The date and month (for Newspapers). The first and last pages.

example:

12 GOST 12.1.033. SSBT. Fire safety. Terms and definitions. Introduced 01.07.82. M: Interstate standard: IPK the publishing house of standards, 2001. 7 C.

THESIS

13 Yakimov M.A. study of the interaction between the components of electrolytes in the triple water-salt systems on the example of nitrate systems: dis... Dr. chem. Sciences: 10.01.71 : protected 05.02.71: appr. 10.06.71. Leningrad: Leningrad state University, 1971. 200 S.

THE DISSERTATION:

14 Yakimov M.A. study of the interaction between the components of electrolytes in the triple water-salt systems on the example of nitrate systems: Avtoref. dis. Prof. chem. Sciences : L / Leningrad: Leningrad state University, 1971. 40 C.

ELECTRONIC RESOURCE:

order description:

Surname ACTING author (if given). Resource name [Electronic resource]. Place of publication: Publisher, year of publication (if specified). The address of the local network resource (date of access of the site or last modification of the document).

example:

15 Shklovsky Mind, life, the universe [Electronic resource] M.: Yanus, 1996. Mode of access:

<http://www.elibrary/books/shklovsky/ titul.htm> (23 November 2001)

THE ORDER OF THE LINKS ON ENGLISH LANGUAGE:ARTICLE FROM THE MAGAZINE:

order description:

Surname ACTING author (transliteration). Translation of the name of article in English. The name of the Russian-language source (transliteration, italics). [Translation of the name of the source on the English language (in brackets)]. Year, volume, number, pages (from-to). An indication of the language of the article (In Russ.) after the description of the article.

example:

1 Zagurenko A.G., Korotovskikh VA, A.A. Kolesnikov, Timonov A.V., Kardymon D.V. Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing. Neftyanoe khozyaistvo [Oil Industry], 2008, vol. 10, no.11, pp. 54-57. (In Russ.).

ARTICLE FROM ELECTRONIC JOURNAL:

2 Swaminathan V., Lepkoswka-E. White, Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. Journal of ComputerMediated Communication, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

ARTICLE C DOI:

3 Z. Zhang, Zhu D. Experimental research on the localized electrochemical micromachining. Russkii zhurnal elektrokhemii. [Russian Journal of Electrochemistry], 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926-930. doi: 10.1134/S1023193508080077

ARTICLE FROM CONTINUING PUBLICATIONS (PROCEEDINGS):

4 Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints "steel-composite". Trudy MGTU "Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem" [Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"], 2006, no. 593, pp. 125-130. (In Russ.).

CONFERENCE MATERIALS:

5 Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z. [et al.] Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing. Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi" [Proc. 6th Int. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact]. Moscow, 2007, pp. 267-272. (In Russ.).

BOOKS (MONOGRAPHS, COLLECTIONS):

6 Nenashev M.F. Poslednee pravitel'stvo SSSR [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p. (In Russ.).

7 Lindorf L.S., Mamikonians L.G. Eksploatatsiia turbogeneratorov s neposredstvennym okhlazhdeniem [Operation of turbine generators with direct cooling]. Moscow, Energiia Publ., 1972. 352 p. (In Russ.).

8 Kanevskaya R.D. Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development]. Izhevsk, 2002. 140 p. (In Russ.).

9 Izvekov V.I., Serikhin N.A., Abramov, A.I. Proektirovanie turbogeneratorov [Design of turbo-generators]. Moscow, MEI Publ., 2005, 440 p. (In Russ.).

10 Latyshev, V.N., Tribologiya rezaniya. Kn. 1: Friksionnye protsessy pri rezanie metallov (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting), Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009. (In Russ.).

TRANSLATED VERSION OF THE BOOK:

11 S.P. Timoshenko, Young D.H., W. Weaver Vibration problems in engineering. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: S.P. Timoshenko, Iang D.Kh., Uiver U. Kolebaniia v inzhenernom dele. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p.).

12 Brooking A., P. Jones, F. Cox Expert systems. Principles and case studies. Chapman and Hall, 1984. 231 p. (Russ. ed.: Bruking A., Dzhons P., Koks F. Ekspertnye systems. Printsipy raboty i primery. Moscow, Radio i sviaz' Publ., 1987. 224 p.).

UNPUBLISHED DOCUMENT:

13 Latypov A.R., M.M. Khasanov, Baikov VA Geology and Production (NGT GiD). The Certificate on official registration of the computer program. No. 2004611198, 2004. ((In Russ.), unpublished).

THESIS OR DISSERTATION:

14 V.I. Semenov Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p. (In Russ.).

GOST:

GOST 8.586.5-2005. Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda kolichestva i zhidkostei i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroistv [State Standard 8.586.5 - 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 10 p. (In Russ.).

PATENT:

Palkin M.V. Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head]. Patent RF, no. 2280590, 2006.