

ISSN 2226-910X

Вестник

*Воронежского
государственного*

**УНИВЕРСИТЕТА
ИНЖЕНЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**



2014

№

1

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего профессионального образования

«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

**ВЕСТНИК
ВОРОНЕЖСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

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

2014, № 1 (59)

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

**Воронеж
2014**

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

Материалы журнала размещаются в БД РИНЦ (www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32905),
БД Agris (ЦСХНБ www.cnshb.ru) и
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:

АБРАМОВ Г.В. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)
АКСЕНОВА Л.М. *ак. РАСХН 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. РАСХН д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)
ОСТРИКОВ А.Н. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)
ПАНФИЛОВ В.А. *ак. РАСХН д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)
ПОЛЯКОВ В.А. *ак. РАСХН д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)
ПОПОВ Г.В. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)
РОГОВ И.А. *ак. РАСХН 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. РАСХН д-р техн. наук, проф.* (г. Москва)
ХАТКО З.Н. *д-р техн. наук, доцент* (г. Майкоп)
ХИЩКОВ И.Ф. *ак. РАСХН д-р эконом. наук, проф.* (г. Воронеж)
ШУТИЛИН Ю.Ф. *д-р техн. наук, проф.* (г. Воронеж)

Международный состав:

БЕЗБОРОДОВ В.С. *д-р хим. наук, проф.* (Республика Беларусь)
ВЕЛЬО Ф. *D. Sc. (UNIVAQ г. Аквила, Италия)*
ДОРЕМЕСКИН 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)
МЕДВЕДКО Е.Б. *д-р техн. наук, проф.* (Казахстан)
ПРОКОПЧУК Н.Р. *д-р хим. наук, проф.* (Республика Беларусь)
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:

ABRAMOV G.V. *D. Sc. (Russia)*
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)*
POPOV G.V. *D. Sc. (Russia)*
ROGOV I.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)*

International Editorial Council:

BEZBORODOV V.S. *D. Sc. (Republic of Belarus)*
VELHO 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)*
MEDVEDKO E.B. *D. Sc. (Kazakhstan)*
PROKOPCHUK N.R. *D. Sc. (Republic of Belarus)*
URBANOVICH P.P. *D. Sc. (Republic of Belarus)*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ РУБРИК

Процессы и аппараты пищевых производств

ОСТРИКОВ А.Н. (гл. ред.), КАЛАШНИКОВ Г.В. (зам. гл. ред.), АБРАМОВ О.В., АНТИПОВ С.Т., ВАСИЛЕНКО В.Н., КОРНИЕНКО Т.С., КРАВЧЕНКО В.Н., КРАСОВИЦКИЙ Ю.В., КРЕТОВ И.Т., ЛЫТКИНА Л.И., РОДИОНОВА Н.С., 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., БЕЗРЯДИН Н.Н., БУГАЕВ Ю.В., КОЛОДЕЖНОВ В.Н., КУДРЯШОВ В.С., ЛЕБЕДЕВ В.Ф., ПОПОВ Г.В., ТИХОМИРОВ С.Г., ХВОСТОВ А.А., ШИТОВ В.В.

Пищевая биотехнология

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

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

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

Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов

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

Экономика и управление

САЛИКОВ Ю.А. (гл. ред.), ВОРОНИН В.П. (зам. гл. ред.), БАУТИН В.М., БОГОМОЛОВА И.П., ЖУРАВЛЕВ Ю.В., ОВЧИННИКОВА Т.И., ПАДАЛКИН В.Ю., ПАХОМОВ А.И., ПОДМОЛОДИНА И.М.

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

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

Учредитель: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

Журнал зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций по Воронежской области: Свидетельство о регистрации ПИ № ТУ36-00232 от 29 декабря 2011 г.

Адрес университета, редакции, издательства и отдела полиграфии ФГБОУ ВПО «ВГУИТ»
394036, Воронеж, пр. Революции, 19
тел./факс: (473) 255-37-16

Сдано в набор 11.02.2014. Подписано в печать 25.02.2014.
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 34 Тираж 1500 экз. Заказ. С. – 275.
Цена – свободная.

© ФГБОУ ВПО
«Воронеж. гос. ун-т инж.
технол.», 2014

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

- Antipov S.T., Kazartsev D.A., Zhuravlyov A.V., Vinichenko S.A.** Development of mathematical model of black currant berries drying process in vacuum device with the microwave power supply
- Vasilenko V.N., Frolova L.N., Dragan I.V., Rusina K.Iu.** Analytical determination of temperature fields of biopolymers in the form of channels coextrusion during extrusion
- Rodionova N.S., Popov E.S., Bakhtina T.I.** Effect of low-temperature hygrothermal processing on forms of association of moisture in rice-vegetable mixture with hydrobionts
- Antipov S.T., Zhuravlyov A.V., Borodkina A.V., Baranov A.Iu.** Study of drying kinetics of buckwheat in the dryer with twisted coolant flows
- Pokhol'chenko V.A., Ershov A.M. Ershov M.A.** Kinetics processes of dehydration and heating fish during frying, during semi hot and hot smoking
- Ivanov S.S., Shishatskii Iu.I., Pliukha S.Iu.** Kinetics of extraction of extractive substances from a lupine with various geometrical form
- Konstantinov E.N., Korotkova T.G., Ksandopulo S.Iu., Cherepov S.V.** Developing a model of cooking grain batch
- Barykin R.A., Poymanov V.V., Shakhov S.V.** Development of vacuum sublimation dryers using thermoelectric modules

INFORMATION TECHNOLOGIES, MODELLING AND CONTROL

- Bitiukov V.K., Tikhomirov S.G., Arapov D.V., Savvin S.S.** The mathematical model of cooling recycled water in a cooling tower with mechanical traction
- Chertov E.D., Vasechkin M.A., Nosov O.A., Matveeva E.V.** Mathematical modelling of quazisteady mode of bearing air buffer filling
- Bitiukov V.K., Khvostov A.A., Khaustov I.A., Rebrikov D.I.** Using of complex harmonious signals in problems of acoustic spectrometry of polymers
- Khvostov A.A., Tikhomirov S.G., Rebrikov D.I., Nikitchenko A.A.** Algorithm for estimating the time window signal "white noise" in the problems of acoustic spectrometry elastomers
- Bitiukov V.K., Motorin M.L., Savvina E.A.** The formation classes of objects by the method of discriminant analysis
- Rodionova N.S., Belokurov S.V., Skryl' S.V.** Efficiency indicators information management in integrated security systems
- Blagoveshchenskaia M.M., Makarov V.V.** Identification aspect of methodology design of control system time-variant process
- Polenov V.S., Kukarskikh L.A., Skliarov A.N.** On the propagation of sound waves in two component hereditarily elastic medium

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

- 7 **Антипов С.Т., Казарцев Д.А., Журавлев А.В., Виниченко С.А.** Разработка математической модели процесса сушки плодов черной смородины в вакуум-аппарате с СВЧ – энергоподводом
- 13 **Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Драган И.В., Русина К.Ю.** Аналитическое определение температурных полей биополимеров в формирующем канале экструдера при коэкструзии
- 19 **Родионова Н.С., Попов Е.С., Бахтина Т.И.** Влияние режимов низкотемпературной термовлажностной обработки на формы связи влаги в рисо-овощной смеси с гидробийонтами
- 26 **Антипов С.Т., Журавлев А.В., Бородкина А.В., Баранов А.Ю.** Исследование кинетики сушки гречихи в сушилке с закрученными потоками теплоносителя
- 31 **Похольченко В.А., Ершов А.М. Ершов М.А.** Кинетика процессов обезвоживания и нагрева рыбы при обжаривании, полугорячем и горячем копчении
- 36 **Иванов С.С., Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю.** Кинетика извлечения экстрактивных веществ из люпина с различной геометрической формой
- 40 **Константинов Е.Н., Короткова Т.Г., Ксандопуло С.Ю., Черепов С.В.** Разработка модели разваривания зернового замеса
- 47 **Барыкин Р.А., Пойманов В.В., Шахов С.В.** Разработка вакуум-сублимационных сушилок с использованием термоэлектрических модулей

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

- 51 **Битюков В.К., Тихомиров С.Г., Арапов Д.В., Саввин С.С.** Математическая модель охлаждения оборотной воды в градирне с механической тягой
- 56 **Чертов Е.Д., Носов О.А. Васечкин М.А., Матвеева Е.В.** Математическое моделирование квазистационарного режима запитывания несущего воздушного буфера
- 63 **Битюков В.К., Хвостов А.А., Хаустов И.А., Ребриков Д.И.** Использование сложных гармонических сигналов в задачах акустической спектрометрии эластомеров
- 68 **Хвостов А.А., Тихомиров С.Г., Ребриков Д.И., Никитченко А.А.** Алгоритм оценки временного окна сигнала «белый шум» в задачах акустической спектрометрии эластомеров
- 73 **Битюков В.К., Моторин М.Л., Саввина Е.А.** Формирование классов объектов методом дискриминантного анализа
- 79 **Родионова Н.С., Белокуров С.В., Скрыль С.В.** Показатели эффективности управления информационными процессами в интегрированных системах безопасности
- 85 **Благовещенская М.М., Макаров В.В.** Идентификационный аспект в методологии создания систем управления технологическими объектами с нестационарными параметрами
- 90 **Поленов В.С., Кукарских Л.А., Склиаров А.Н.** К распространению звуковых волн в двухкомпонентной наследственно-упругой среде

FOOD BIOTECHNOLOGY

- Uspenskaia M.E., Ibragimova Z.R., Gazdanova R.Iu.** Prospects for the creation of whole milk substitutes (WMS) with the use of blood plasma of farm animals
- Magomedov G.O., Lobosova L.A., Magomedov M.G., Bykova A.S.** Milk candies with increased shelf life
- Shchetinskii V.V., Shokina Iu.V., Pavlova V.V., Saenkova I.V.** Justification of modes thermal processing of the semifinished thorny skate to production of fish culinary products of functional purpose
- Pashchenko L.P., Pashchenko V.L., Maslianik E.S.** Aspects of biotechnology modifications of functional bakery products using raw fruit native
- Rodionova N.S., Popov E.S., Bakhtina T.I.** Study on the effect of low-temperature heat treatment on the shelf life of semi-finished products made from carp
- Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Malyutina T.N., Zhuravlyova I.A.** Effect of the method of preparation of rye grain on its microstructure and safety indicators
- Magomedov G.O., Shevyakova T.A., Tchernysheva Y.A., Mazina E.A.** Whipped flour confectionery based upon whole grain ground flour
- Kasianov G.I.** Technique and technology of using carbon dioxide in sub- and supercritical state
- Efremova A.A., Kuranova L.K., Nikolaenko O.A.** Development of technology for fish canned pate's cod-fish species
- Dvoryaninova O.P., Sokolov A.V., Uspenskaya M.E.** Investigation of the possibility of obtaining dry bases from processed fish products of little value

FUNDAMENTAL AND APPLIED CHEMISTRY, CHEMICAL TECHNOLOGY

- Korenman Ia.I., Mokshina N.Ia., Bychkova A.A.** Physico-chemical determination of carbohydrates in the foods and beverages
- Kalinichenko A.A., Kuchmenko T.A., Arsen'eva L.Iu., Ivanov S.V.** Express method for determination of selected quality indexes of walnut oil using analyzer signals «Electronic nose»
- Panov S.Iu., Khimvinga M., Zinkovskii A.V.** Improving the efficiency of spray type devices when solving problems in industrial ecology
- Shashok Zh.S., Kasperovitch A.V., Prokoptchuk N.R., Kaiushnikov S.N.** Properties tyre tread rubbers depending on particularity of rubber compound
- Kutchmenko T.A., Bogdaev A.A.** Comparison of performance piezo resonators BAW-type to create chemical sensor

BIOTECHNOLOGY, BIONANATECHNOLOGY AND SUGAR PRODUCTS TECHNOLOGY

- Golybin V.A., Golova K.V., Voskoboinik K.V., Nasonova O.S.** The influence of individual factors on the effectiveness of juice purification in the process of II saturation
- Kul'neva N.G., Zhuravlyov M.V., Paramonova K.A.** Development of the effective method for the extraction of sucrose

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Успенская М.Е., Ибрагимова З.Р., Газданова Р.Ю.** Перспективы создания заменителей цельного молока (ЗЦМ) с использованием плазмы крови сельскохозяйственных животных
- Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Магомедов М.Г., Быкова А.С.** Молочные конфеты увеличенного срока годности
- Щетинский В.В., Шокина Ю.В., Павлова В.В., Саенкова И.В.** Обоснование режимов тепловой обработки полуфабриката из ската звездчатого при производстве рыбной кулинарной продукции функционального назначения
- Пашченко Л.П., Пашченко В.Л., Масляник Е.С.** Аспекты биомодификаций в технологии функциональных хлебобулочных изделий при использовании плодов дикорастущего сырья
- Родионова Н.С., Попов Е.С., Бахтина Т.И.** Исследование влияния режимов тепловой низкотемпературной обработки на хранимоспособность полуфабрикатов из карпа
- Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Мalyutina Т.Н., Журавлева И.А.** Влияние способа подготовки зерна ржи на его микроструктуру и показатели безопасности
- Магомедов Г.О., Шевякова Т.А., Чернышева Ю.А., Мазина Е.А.** Сбивные мучные кондитерские изделия на основе муки из цельносомолотого зерна
- Касьянов Г.И.** Техника и технология использования диоксида углерода в суб- и сверхкритическом состоянии
- Ефремова А.А., Куранова Л.К., Николаенко О.А.** Разработка технологии рыборастворительных консервов-паштетов из тресковых видов рыб
- Дворянинова О.П., Соколов А.В., Успенская М.Е.** Исследование возможности получения сухих основ из малоценных продуктов переработки рыб

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Коренман Я.И., Мокшина Н.Я., Бычкова А.А.** Физико-химическое определение углеводов в пищевых продуктах и напитках
- Калиниченко А.А., Кучменко Т.А., Арсеньева Л.Ю., Иванов С.В.** Способ экспрессного определения отдельных показателей качества масла грецкого ореха по сигналам анализатора «электронный нос»
- Панов С.Ю., Химвинга М., Зинковский А.В.** Повышение эффективности аппарата распылительного типа при решении проблем промышленной экологии
- Шашок Ж.С., Касперович А.В., Прокопчук Н.Р., Каюшников С.Н.** Влияние рецептурных факторов на свойства протекторных шинных резин
- Кучменко Т.А., Богдаев А.А.** Сравнение эксплуатационных характеристик пьезорезонаторов ОАВ-типа для создания химических сенсоров

БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОНАНОТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ САХАРИСТЫХ ПРОДУКТОВ

- Гольбин В.А., Голова К.В., Воскобойник К.В., Насонова О.С.** Влияние отдельных факторов на эффективность очистки сока в процессе II сатурации
- Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Парамонова К.А.** Разработка эффективного способа экстрагирования сахарозы из свеклы

Golybin V.A., Fedoruk V.A., Lavrenova M.A., Denisova E.A. Ways to improve energy efficiency of sugar production

Ponomarev A.N., Shuvaeva G.P., Merzlikina A.A., Ponomareva N.V. Biotechnology for kefir with new qualities

Kul'neva N.G., Shmatova A.I., Man'ko Iu.I. Microflora of beet sugar production: problems and solutions

Popov G.V., Kosenko I.S., Spiridonova M.V. Application fullerene for identification of meat products containing klenbuterol

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Polozova A.N., Shamrina I.V., Neishtadt M.L., Gorkovenko E.V. Procedure for analysis and evaluation of market position production organization

Salikov Iu.A., Gongarova I.A., Barzenkova A.S. Analysis of the external factors of influence on innovation activity of an industrial enterprise

Padalkin V.Iu., Vorontsova E.I. Increase tax base as indicator of sustainable development companies

Nazina L.I., Zhashkov A.A. The quality management system at the university. Problems in implementing
Sibirskaja E.V., Oveshnikova L.V. Investigation of the process of forecasting infrastructure support business

Drobyshev V.G., Savvin A.V., Starozhilova O.A. Effective stimulation workers – basis of economic growth companies

Sysoev D.E. Development of the construction industry in Russia on the basis of the mechanism of road maps

Karpovitch M.A. Neural network methods for estimating the costs of research and design and survey works

Semenenko S.V. The concept of competitive opportunities development of trade organization

Sibirskaja E.V., Stroeve O.A., Martov S.N. Regionalization process of innovation management

Bogomolova I.P., Stukalo O.G., Ustiugova I.E. Methodological approaches to assessing the efficiency of the integration units

Gasilov V.V., Karpovich M.A. Quantitative assessment of the investment project creation or renovation transport infrastructure

Голыбин В.А., Федорук В.А., Лавренова М.А., Денисова Е.А. Пути повышения энергоэффективности сахарного производства

Пономарёв А.Н., Шуваева Г.П., Мерзликina А.А., Пономарева Н.В. Биотехнология кефира с новыми свойствами

Кульнева Н.Г., Шматова А.И., Манько Ю.И. Микрофлора свеклосахарного производства: проблемы и пути решения

Попов Г.В., Косенко И.С., Спиридонова М.В. Применение фуллеренов для идентификации мясных продуктов содержащих кленбутерол

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

Полозова А.Н., Шамрина И.В., Нейштадт М.Л., Горковенко Е.В. Процедура экономического мониторинга рыночной позиции промышленной организации

Саликов Ю.А., Гончарова И.А., Барзенкова А.С. Анализ внешних факторов влияния на инновационную активность промышленного предприятия

Падалкин В.Ю., Воронцова Е.И. Увеличение налоговой базы, как индикатор устойчивого развития предприятия

Назина Л.И., Жашков А.А. Система менеджмента качества в ВУЗе. Проблемы при внедрении

Сибирская Е.В., Овешникова Л.В. Исследование процесса прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности

Дробышев В.Г., Саввин А.В., Старожилова О.А. Эффективное стимулирование работников – основа экономического роста предприятия

Сысоев Д.Э. Развитие строительной отрасли России на основе механизма дорожных карт

Карпович М.А. Нейросетевые методы оценки затрат на научно-исследовательские и проектно-испытательские работы

Семененко С.В. Концепция развития конкурентного потенциала торговой организации

Сибирская Е.В., Строева О.А., Мартов С.Н. Регионализация процесса управления инновационной деятельностью

Богомолова И.П., Стукало О.Г., Устюгова И.Е. Методические подходы к оценке эффективности функционирования интеграционных формирований

Гасилов В.В., Карпович М.А. Количественная оценка инвестиционного проекта создания или реконструкции объекта транспортной инфраструктуры

УДК 51-74

Профессор С.Т. Антипов, доцент Д.А. Казарцев,
доцент А.В. Журавлев, аспирант С.А. Виниченко
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.
тел. (473) 255-38-96
E-mail: vini-46@yandex.ru

Professor S.T. Antipov, associate Professor D.A. Kazartsev,
associate Professor A.V. Zhuravlyov, post-graduate S.A. Vinichenko
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and apparatuses
of the food industry. Tel.: (473) 255-38-96
E-mail: vini-46@yandex.ru

Разработка математической модели процесса сушки плодов черной смородины в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоподводом

Development of mathematical model of black currant berries drying process in vacuum device with the microwave power supply

Реферат. Разработана математическая модель процесса сушки плодов черной смородины в вакууме с СВЧ-энергоподводом, отличающаяся высокой пространственной и временной детализацией, учитывается структура отдельных плодов и слоя плодов, теплофизические параметры зависят от координаты и времени, а также с учетом изменения формы плодов и структуры слоя плодов по мере обезвоживания. Для моделирования механического поведения плодов используется метод динамики частиц, который в последние десятилетия все чаще используется в различных отраслях науки и техники. Для того чтобы модель обладала высоким пространственным разрешением, моделируемый слой плодов состоит из 20–50 отдельных плодов, при этом каждый плод, в зависимости от диаметра, разбивается приблизительно на 100 отдельных элементов. Элементы плодов по своим физическим свойствам делятся на 3 типа (кожура, мякоть, семена). Поэтому в целом, с точки пространственной детализации, слой плодов состоит из 2000–5000 элементов. Моделирование производится в двухмерном декартовом пространстве X–Z. Состояние каждого элемента-круга задается четырьмя переменными: декартовыми координатами его центра и двумя составляющими скорости. Механическое взаимодействие элементов между собой принято вязкоупругим, что позволяет учитывать основные механические свойства плодов – модуль упругости, коэффициент внутреннего трения. В рамках разработанной модели учитывается, что между соседними элементами могут возникать силы отталкивания (при внедрении элементов друг в друга), или притяжения (при отдалении сцепленных элементов друг от друга). Описание процессов тепло- и влагообмена между элементами, а также между элементами и окружающей средой базируется на основе общепринятых уравнений сушки. В модели считается, что подводимая мощность СВЧ - излучения перераспределяется в нагреваемом объеме пропорционально влажности элементов.

Summary. The mathematical model of black currant berries drying process in vacuum device with the microwave power supply, differing in high space and temporary specification is developed, the structure of separate berries and a layer of berries is considered, heat- and physical parameters depend on coordinate and time as well as in the accounting of berries form change and a berries layer structure in the dehydration process. We used the particles dynamics method for modeling of mechanical behavior of berries which is increasingly being used now in different branches of science and technology. To give the model the high space specification the modeled berries layer consists of 20–50 separate berries, each berry depending on diameter being broken into approximately 100 separate elements. Berries elements are divided into 3 types depending on the physical properties (peel, pulp, seeds). Therefore, in general, from the point of space detail, a layer of berries consists of 2000–5000 elements. Modeling is carried out in two-dimensional Cartesian space X–Z. The condition of each element of circle is set by four variables: Cartesian coordinates of its center and two components of speed. Mechanical interaction of elements among themselves is accepted to be viscous and elastic that allows to consider the main mechanical properties of berries – the elasticity module, internal friction index. Within the developed model it is considered that between the neighbor elements there can be pushing away forces (at the introduction of elements into each other), or attractions (at a distance of the linked elements from each other). The description of the processes of warm and moisture exchange between the elements as well as between the elements and environment is based upon the standard equations of drying. In model it is considered that the microwave power brought is redistributed in the heated volume in proportion to elements moisture.

Ключевые слова: сушка, черная смородина, математическая модель, вакуум, тепло- массообмен, СВЧ-энергоподвод.

Keywords: drying, black currant, mathematical model, vacuum, heat and mass exchange, the microwave power supply.

© Антипов С.Т., Казарцев Д.А.,
Журавлев А.В., Виниченко С.А., 2014

Процесс сушки плодов черной смородины является чрезвычайно сложным, поэтому к математической модели процесса предъявляются высокие требования. В процессе сушки плоды уменьшаются в объеме ориентировочно в 3–4 раза, существенно изменяются физические характеристики (некоторые – на несколько порядков) как отдельного плода, так и слоя плодов в сушильной установке.

Многие известные модели процесса сушки используют приближения постоянства геометрических параметров объекта сушки и постоянства его физических свойств [1–5]. Однако при описании СВЧ-сушки плодов черной смородины такие модели имели бы низкую адекватность. Поэтому в настоящей работе поставлена задача разработать математическую модель процесса сушки, обладающую высокой детализацией и высокой адекватностью, базирующейся на общепринятых уравнениях сушки, но использующей в полной мере вычислительные возможности современных компьютеров [6].

Разрабатываемая модель должна описывать целый ряд физических процессов, протекающих при сушке слоя плодов черной смородины:

- изменение формы отдельного плода;
- изменение структуры слоя плодов;
- внутренний тепло- и влагообмен внутри плода;
- тепло- и влагообмен в слое плодов;
- тепло- и влагообмен с сушильным агентом.

Каждый процесс в предлагаемой модели описывается соответствующими дифференциальными и алгебраическими уравнениями.

Для моделирования механического поведения плодов используется метод динамики частиц, который в последние десятилетия все чаще используется в различных отраслях науки и техники [7–8].

Для того чтобы модель обладала высоким пространственным разрешением, моделируемый слой плодов состоит из 20–50 отдельных плодов, при этом каждый плод, в зависимости от диаметра, разбивается приблизительно на 100 отдельных элементов (рисунок 1). Элементы плодов по своим физическим свойствам делятся на три типа (кожура, мякоть, семена). Поэтому в целом, с точки пространственной детализации, слой плодов состоит из 2000–5000 элементов.

Элементы имеют возможность двигаться в процессе сушки по законам классической механики, что приводит к изменению как формы отдельных плодов, так и структуры всего слоя плодов.

В частности, в модели воспроизводится уменьшение в объеме плода и сморщивание его поверхности (рисунок 1), уменьшение толщины слоя плодов и исчезновение просветов между плодами (рисунок 2).

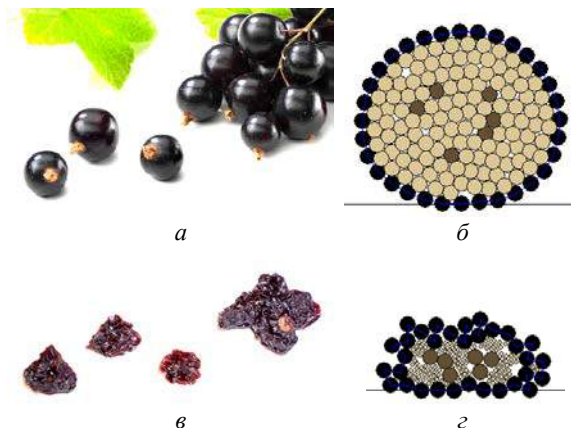


Рисунок 1. Плоды черной смородины (а, в) и их представление в модели (б, з): а, б – до сушки; в, з – после сушки

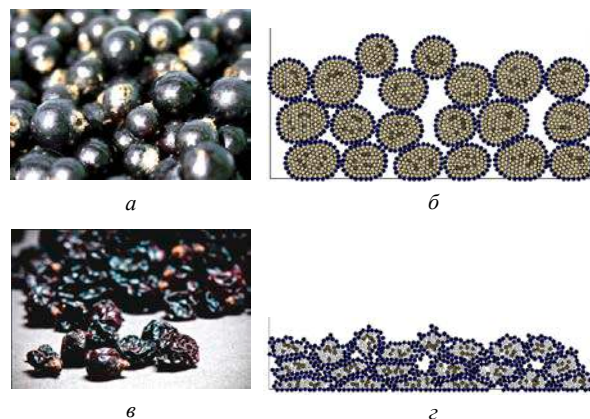


Рисунок 2. Слой плодов черной смородины (а, в) и его представление в модели (б, з): а, б – до сушки; в, з – после сушки

Моделирование производится в двухмерном декартовом пространстве $X-Z$. Состояние каждого элемента-круга E_i задается четырьмя переменными: декартовыми координатами его центра (x_i, z_i) и двумя составляющими скорости (v_{xi}, v_{zi}). Механическое взаимодействие элементов между собой принято вязкоупругим, что позволяет учитывать основные механические свойства плодов – модуль упругости, коэффициент внутреннего трения.

В рамках разработанной модели учитывается, что между соседними элементами мо-

гут возникать силы отталкивания (при внедрении элементов друг в друга), или притяжения (при отдалении сцепленных элементов друг от друга) (рисунок 3).

Уравнения движения элементов составляются на основе второго закона Ньютона:

$$\left\{ \begin{aligned} m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} &= \sum_{j=1, j \neq i}^{N_3} \left\{ \begin{aligned} &c_{ij} \left(\frac{d_i + d_j}{2} - r_{ij} \right) \frac{(x_i - x_j)}{r_{ij}} + k_{ij} \left(r_{ij} - \frac{d_i + d_j}{2} \right) (v_{xi} - v_{xj}), \quad r_{ij} < \frac{d_i + d_j}{2} + \Delta d_B; \\ &0, \quad r_{ij} \geq \frac{d_i + d_j}{2} + \Delta d_B; \end{aligned} \right. \\ m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} &= -m_i g + \sum_{j=1, j \neq i}^{N_3} \left\{ \begin{aligned} &c_{ij} \left(\frac{d_i + d_j}{2} - r_{ij} \right) \frac{(z_i - z_j)}{r_{ij}} + k_{ij} \left(r_{ij} - \frac{d_i + d_j}{2} \right) (v_{zi} - v_{zj}), \quad r_{ij} < \frac{d_i + d_j}{2} + \Delta d_B; \\ &0, \quad r_{ij} \geq \frac{d_i + d_j}{2} + \Delta d_B; \end{aligned} \right. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

где i – номер элемента; m_i и d_i – масса и диаметра i -го элемента; x_i, z_i – декартовы координаты элемента; t – время; N_3 – количество элементов; j – номер элемента, возможно контактирующего с i -м элементом; c_{ij} и d_{ij} – коэффициенты

жесткости и вязкости взаимодействия элементов i и j ; r_{ij} – расстояние между центрами элементов i и j ; v_{xi}, v_{zi} – декартовы составляющие скорости i -го элемента; d_B – расстояние ограничения взаимодействия между элементами; g – ускорение свободного падения.

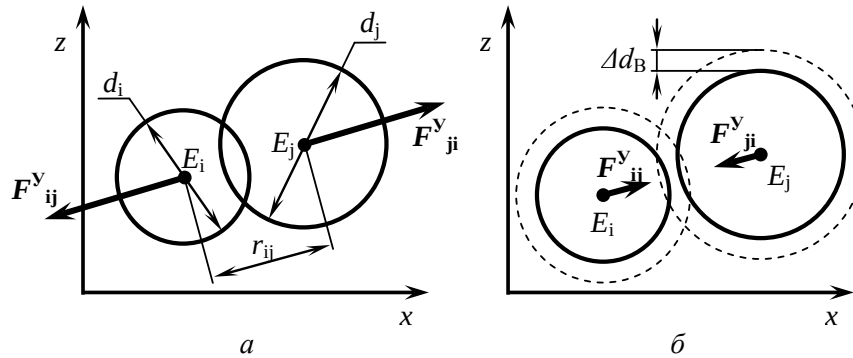


Рисунок 3. Силы упругого взаимодействия элементов плодов смородины при контакте: а – силы отталкивания при внедрении элементов друг в друга; б – силы притяжения при удалении элементов друг от друга

Расстояние r_{ij} между центрами элементов рассчитывается через координаты центров по теореме Пифагора: $r_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}$.

Уравнения (1) представляют собой дифференциальные уравнения второго порядка и решаются в процессе моделирования численным методом – методом Рунге-Кутты второго порядка [9]:

$$\begin{aligned} x_i^{\tau+1} &= x_i^{\tau} + v_{xi}^{\tau} \cdot \Delta t + a_{xi}^{\tau} \cdot (\Delta t)^2 / 2; \\ v_{xi}^{\tau+1} &= v_{xi}^{\tau} + a_{xi}^{\tau} \cdot \Delta t; \\ z_i^{\tau+1} &= z_i^{\tau} + v_{zi}^{\tau} \cdot \Delta t + a_{zi}^{\tau} \cdot (\Delta t)^2 / 2; \\ v_{zi}^{\tau+1} &= v_{zi}^{\tau} + a_{zi}^{\tau} \cdot \Delta t, \end{aligned} \quad (2)$$

где i – номер элемента, τ и $\tau+1$ – индексы текущего и следующего временного шага; Δt – шаг интегрирования по времени; x_i, v_i, a_i – ко-

ордината, скорость, ускорение элемента.

Создание слоя плодов в модели производится следующим образом. В зависимости от заданной толщины слоя продукта h определяется количество плодов N_{Π} , которое необходимо поместить в модельное пространство:

$$N_{\Pi} = \frac{S_C}{k_{yn} S_{\Pi}} = \frac{4L_x h}{k_{yn} \pi D_{\Pi, cp}^2}, \quad (3)$$

где S_C и S_{Π} – площадь слоя плодов (в двухмерной модели рассматривается не объем продукта, а площадь) и отдельного плода; k_{yn} – коэффициент упаковки плодов для учета пористости слоя (составляет около 1,4); L_x – длина модельного пространства; $D_{\Pi, cp}$ – средний диаметр плодов.

Плоды размещаются по всей области моделирования случайным образом по равно-

мерному закону распределения. При этом размещение производится так, чтобы плоды не контактировали друг с другом. Для размещения плодов используется отдельный алгоритм. Диаметр размещаемых плодов D_{Π} выбирается случайным образом по равномерному закону из заданного диапазона $D_{\Pi \min} \dots D_{\Pi \max}$.

После того, как плоды размещены в пространстве (в виде кругов заданного диаметра), начинается заполнение кругов отдельными элементами. Сначала размещаются элементы кожуры по окружности с равным шагом, таким образом, чтобы они касались друг друга. Затем размещаются элементы мякоти внутри круга случайным образом по равномерному закону с исключением их перекрытия. Количество элементов $N_{\Pi i}$, на которые разбивается плод i , зависит от диаметра плода $D_{\Pi i}$:

$$N_{\Pi i} = \frac{S_{\Pi i}}{k_{yn} S_{\varepsilon}} = \frac{D_{\Pi i}^2}{k_{yn} d_{\varepsilon, \text{нач}}^2}, \quad (4)$$

где S_{ε} – площадь элемента; $d_{\varepsilon, \text{нач}}$ – начальный диаметр элементов. В течение компьютерного эксперимента диаметр элементов мякоти может уменьшаться по мере обезвоживания.

Заданное количество элементов мякоти (6 элементов в большинстве расчетов) из центральной области плода преобразуется в семена. Элементы кожуры и семян не изменяют свой диаметр в процессе расчетов.

Для того чтобы первоначально нестабильная механическая система пришла в механическое равновесие, в течение 1 секунды модельного времени производится интегрирование уравнений механического движения элементов. В результате этого плоды оседают под действием силы тяжести и формируют плотноупакованный слой в нижней части области моделирования. После этого начинается моделирование процесса сушки.

Описание процессов тепло- и влагообмена между элементами, а также между элементами и окружающей средой базируется на основе общепринятых уравнений сушки А.В. Лыкова. Уравнения сушки капиллярно-пористого тела в векторной форме может быть записано следующим образом [5]:

$$\begin{cases} C_s \frac{\partial T}{\partial t} - \varepsilon \frac{\partial W}{\partial t} = \nabla(\lambda \nabla T) - C(D \nabla W + D_T \nabla T) \nabla T + Q_{\text{СВЧ}}(W, T); \\ (1 - \varepsilon) \frac{\partial W}{\partial t} = \nabla(D \nabla W) + \nabla(D_T \nabla T), \end{cases} \quad (5)$$

где C_s – теплоемкость среды в целом; T и W – температура и влажность; ε – критерий фазового превращения жидкости в пар, определяемый как отношение изменения влагосодержа-

ния посредством испарения и конденсации к изменению влагосодержания за счет переноса жидкости; $\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k}$ – дифференциальный оператор набла; λ – локальный коэффициент теплопроводности; C – теплоемкость жидкости; D , D_T – коэффициенты, характеризующие данное пористое тело и определяемые эмпирически; $Q_{\text{СВЧ}}$ – теплота, выделяющаяся в среде под действием СВЧ-излучения.

Уравнения (5) для процесса СВЧ-сушки плодов черной смородины являются чрезвычайно сложными, и не допускают аналитического решения путем введения сколько-нибудь обоснованных допущений, так как большинство переменных в уравнениях являются функциями как координат, так и времени: $T(x, z, t)$; $W(x, z, t)$; $C_s(x, z, t)$; $C(x, z, t)$; $\varepsilon(x, z, t)$; $\lambda(x, z, t)$; $D(x, z, t)$; $D_T(x, z, t)$; $Q_{\text{СВЧ}}(x, z, t)$. Поэтому данные уравнения целесообразно решать только численными конечно-разностными методами, с помощью предварительной дискретизации модельного пространства. Для этого плоды черной смородины разбиваются на отдельные узлы, совпадающие с центрами элементов круговой формы для механического моделирования. В этом случае каждый i -й элемент плода характеризуется температурой T_i и содержанием влаги W_i .

Получившаяся сетка для конечно-разностных методов является нерегулярной (рисунок 4). Считается, что между двумя узлами сетки присутствует связь (возможен обмен теплом и влагой), если соответствующие элементы механически контактируют друг с другом: $r_{ij} < k_k(d_i + d_j)/2$, где k_k – пороговый коэффициент контакта (равен 1,2 для изображенной на рисунке 4 сетки).

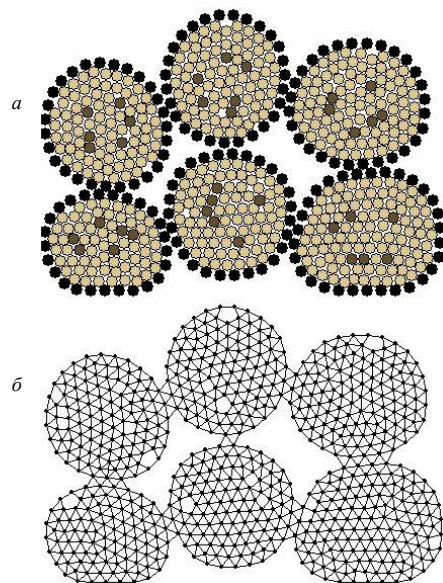


Рисунок 4. Представление слоя плодов в модели (а)

и соответствующая сетка для решения уравнений сушки (б)

С течением времени температура и влажностное содержание каждого элемента изменяются. При этом расчет T_i и W_i производится с использованием уравнений математической физики в конечных разностях. На каждом шаге интегрирования τ рассчитывается новое значение содержания влаги и температуры элемента i , находящегося в контакте с элементом j , по следующим итерационным формулам:

$$W_i^{\tau+1} = W_i^{\tau} + D_0 e^{k_D(T_i^{\tau} - T_K)} \frac{W_j^{\tau} - W_i^{\tau}}{r_{ij}} \Delta t; \quad (6)$$

$$T_i^{\tau+1} = T_i^{\tau} + \chi \frac{T_j^{\tau} - T_i^{\tau}}{r_{ij}} \Delta t, \quad (7)$$

где Δt – шаг интегрирования по времени; D_0 – коэффициент диффузии влаги при комнатной температуре; k_D – коэффициент экспоненциального роста коэффициента диффузии; T_K – комнатная температура (20°C). χ – коэффициент температуропроводности.

Элементы, представляющие в модели кожуру (обозначенные черным цветом на рисунках), способны обмениваться теплом и влагой не только с соседними элементами, но также и с окружающей средой. В этом случае переход тепла и влаги из граничных узлов в окружающую среду рассчитывается по следующим итерационным формулам:

$$W_i^{\tau+1} = W_i^{\tau} - k_e \left(W_i^{\tau} - W_{окр}^{\tau} \frac{p_{атм}}{p} \right) \Delta t; \quad (8)$$

$$T_i^{\tau+1} = T_i^{\tau} - \chi_T (T_i^{\tau} - T_{окр}^{\tau}) \Delta t, \quad (9)$$

где k_e – коэффициент передачи влаги при испарении с границы; χ_T – коэффициент передачи температуры от окружающей среды к элементу; $W_{окр}^{\tau}$ и $T_{окр}^{\tau}$ – влажность и температура газа вблизи слоя плодов (принято допущение, что данные параметры не зависят от времени); $p_{атм}$ – атмосферное давление; p – давление

окружающей среды.

Так как влажность W_i элементов мякоти постепенно уменьшается, в модели регулярно производится перерасчет массы и диаметра элементов:

$$m_i(W_i) = m_{CO} + k_{вл} W_i; \quad (10)$$

$$d_i(W_i) = \sqrt{k_{d1} + k_{d2} W_i}, \quad (11)$$

где m_{CO} – масса сухого остатка после полного обезвоживания элемента; $k_{вл}$, k_{d1} и k_{d2} – коэффициенты влияния влажности на массу и диаметр, которые рассчитываются через объемную плотность продукта до и после сушки.

В модели считается, что подводимая мощность СВЧ-излучения P перераспределяется в нагреваемом объеме пропорционально влажности элементов. Поэтому увеличение температуры плода за счет подвода СВЧ-мощности рассчитывается в модели следующим образом:

$$T_i^{\tau+1} = T_i^{\tau} + \frac{P_i \Delta t}{c_i m_i^{\tau}} = P \frac{W_i^{\tau}}{\sum_{i=1}^{N_3} W_i^{\tau} c_i m_i^{\tau}} \Delta t, \quad (12)$$

где P_i – мощность, подводимая к элементу i ; c_i – удельная теплоемкость плодов черной смородины.

Таким образом, общую систему уравнений, описывающую процесс СВЧ-сушки плодов черной смородины можно записать следующим образом:

где $\vec{r}$ – радиус-вектор, задающий положение рассматриваемой точки.

В отличие от существующих научных работ по сушке плодов, в настоящей работе:

- уравнения сушки решаются с высокой пространственной и временной детализацией (все функции и коэффициенты зависят от положения в пространстве $\vec{r}$ и от времени t);
- добавлены уравнения деформации и движения плодов.

$$\left\{ \begin{array}{l} C_s(\vec{r}, t) \frac{\partial T(\vec{r}, t)}{\partial t} - \varepsilon \frac{\partial W(\vec{r}, t)}{\partial t} = \nabla(\lambda(\vec{r}, t) \nabla T(\vec{r}, t)) - C(\vec{r}, t)(D(\vec{r}, t) \nabla W(\vec{r}, t) + D_T(\vec{r}, t) \nabla T(\vec{r}, t)) + Q_{свч}(\vec{r}, t); \\ (1 - \varepsilon(\vec{r}, t)) \frac{\partial W(\vec{r}, t)}{\partial t} = \nabla(D(\vec{r}, t) \nabla W(\vec{r}, t)) + \nabla(D_T(\vec{r}, t) \nabla T(\vec{r}, t)); \\ m_i \frac{d^2 x_i}{dt^2} = \sum_{j=1}^{N_3} \left\{ \begin{array}{l} c_{ij} \left(\frac{d_i + d_j}{2} - r_{ij} \right) \frac{(x_i - x_j)}{r_{ij}} + k_{ij} \left(r_{ij} - \frac{d_i + d_j}{2} \right) (v_{xi} - v_{xj}), \quad r_{ij} < \frac{d_i + d_j}{2} + \Delta d_B; \\ 0, \quad r_{ij} \geq \frac{d_i + d_j}{2} + \Delta d_B; \end{array} \right\}; \\ m_i \frac{d^2 z_i}{dt^2} = -m_i g + \sum_{j=1}^{N_3} \left\{ \begin{array}{l} c_{ij} \left(\frac{d_i + d_j}{2} - r_{ij} \right) \frac{(z_i - z_j)}{r_{ij}} + k_{ij} \left(r_{ij} - \frac{d_i + d_j}{2} \right) (v_{zi} - v_{zj}), \quad r_{ij} < \frac{d_i + d_j}{2} + \Delta d_B; \\ 0, \quad r_{ij} \geq \frac{d_i + d_j}{2} + \Delta d_B; \end{array} \right\}; \end{array} \right. \quad (13)$$

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лыков А. В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.
- 2 Лыков А.В. Тепломассообмен. М.: Энергия, 1978. 480 с.
- 3 Гинзбург А.С. Технология сушки пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1976. 248с.
- 4 Гинзбург А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 1985. 336 с.
- 5 Решетин О.Л., Орлов С.Ю. Теория переноса тепла и влаги в капиллярно-пористом теле // Журнал технической физики. 1998. Т. 68. № 2. С. 140–142.
- 6 Советов Б. Я. Моделирование систем: учебное пособие. М.: Высшая школа, 1998. 319 с.
- 7 Allen M.P., Tildesley D.J. Computer Simulation of Liquids. Oxford: Clarendon Press, 1987. 408 p.
- 8 Кривцов А.М. Деформирование и разрушение тел с микроструктурой. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. 304 с.
- 9 Инженерные расчеты на ЭВМ: справочное пособие под ред. В.А. Троицкого. Л.: Машиностроение, 1979. 288 с.

REFERENCES

- 1 Lykov A. V. Teoriia sushki [Drying theory]. Moscow, Energiia, 1968. 472 p. (In Russ.).
- 2 Lykov A.V. Teplomassoobmen [Heat and mass exchange]. Moscow, Energiia, 1978. 480 p. (In Russ.).
- 3 Ginzburg A.S. Tekhnologiya sushki pishchevykh produktov [Technology of drying foodstuff]. Moscow, Agropromizdat, 1976. 248 p. (In Russ.).
- 4 Ginzburg A.S. Raschet i proektirovanie sushi-l'nykh ustanovok [Calculation and design of drying installations of the food industry]. Moscow, Agropromizdat, 1985. 336 p. (In Russ.).
- 5 Reshetin O. L., Orlov S. Yu. The theory of transfer of heat and moisture in a capillary and porous body. *Zhurnal tekhnicheskoi fiziki*. [Magazine of technical physics], 1998. vol. 68, no. 2, pp. 140-142. (In Russ.).
- 6 Sovetov, B. Ia. Modelirovanie system [Modeling of systems]. Moscow, Vysshiaia shkola, 1998. 319 p. (In Russ.).
- 7 Allen M.P. Tildesley D.J. Computer Simulation of Liquids. Oxford, Clarendon Press, 1987. 408 p.
- 8 Krivtsov A.M. Deformirovanie i razrushenie tel s mikrostrukturoid [Deformation and destruction of bodies with a microstructure]. Moscow, Fizmatlit, 2007. 304 p. (In Russ.).
- 9 Troitskii V.A. Inzhenernye raschety na EVM [Engineering calculations on the computer], Leningrad, Mashinostroenie, 1979. 288 p. (In Russ.).

УДК 636.085.54

Профессор В.Н. Василенко, докторант Л.Н. Фролова,
аспирант И.В. Драган, студентка К.Ю. Русина
(Воронеж. гос. ун-т. инж. тех.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов пи-
щевых и химических производств. тел. (473) 255-35-54
E-mail: vvn_1977@mail.ru

Professor V.N. Vasilenko, doctoral L.N. Frolov,
graduate I.V. Dragan, student K.Y. Rusina
(Voronezh. state university of engineering technology) Department of technology of fats,
processes and devices of food and chemical industries. phone (473) 255-35-54
E-mail: vvn_1977@mail.ru

Аналитическое определение температурных полей биополимеров в формующем канале экструдера при коэкструзии

Analytical determination of temperature fields of biopolymers in the form of channels coextrusion during extrusion

Реферат. Совершенствование теории и методов расчета экструзионного оборудования является задачей, решение которой обеспечит оптимальное конструирование его узлов с целью получения продукции требуемого качества. Так как качество экструдата, производительность экструзионной машины в значительной степени определяются режимом работы предматричной зоны червяка, то в статье рассмотрена математическая модель процесса экструзии именно для этой зоны экструдера. Использование коэкструзии позволит значительно расширить ассортимент и номенклатуру выпускаемых поликомпонентных продуктов, сбалансированных по химическому составу и с программируемыми свойствами. При их производстве внутренний слой формируется из жировитаминной начинки, а внешняя оболочка – из экструдата, полученного на основе зерновых. Для обеспечения стабильности процесса коэкструзии каналы формующей головки должны быть сконструированы так, чтобы давление, создаваемое в них, было достаточным для распределения материала, а время пребывания в нём экструдата было минимальным. Решение данной задачи требует точного описания течения материалов в формующем канале. Статья содержит математическое описание процесса коэкструзии кормовых смесей в канале матрицы экструдера. Приведено аналитическое определение распределения температурных полей в жировитаминной начинке. Предложена методика выбора диаметра дозирующего патрубка по требуемой величине отношения объемных расходов экструдата и начинки. Проведен анализ течения термолабильных неньютоновских сред в каналах экструдера с учетом диссипативных явлений и неизотермичности. Аналитическое определение распределения температурных полей в жировитаминной начинке экструдатов было проведено для участков от выхода насоса до корпуса экструдера, по толщине корпуса, в предматричной зоне и коэкструзионной формующей головке. Полученная математическая модель легко адаптируется для других участков экструдера.

Summary. Improvement of the theory and methods of calculation of extrusion equipment is a problem whose solution provides the optimal design of its components in order to obtain the desired product quality. As the quality of the extrudate, extrusion machine performance is largely determined by the mode of pre matrix zone worm, article considers the mathematical model of the extrusion process for this particular zone of the extruder. Using co-extrusion will greatly expand the range of multicomponent products, balanced chemical composition and with programmable features. In their manufacture the inner layer is formed from fat-vitamin fillings and an outer shell - of the extrusion obtained cereal-based. To ensure the stability of the co-extrusion process forming head channels must be designed so that the pressure generated therein is sufficient to distribute the material and the residence time therein of the extrudate is minimized. Solution of this problem requires an accurate description of the flow of materials in the form of channels. This article contains a mathematical description of the process of co-extrusion feed mixtures in the channel matrix of the extruder. The analytical determination of the distribution of temperature fields in fat-vitamin stuffing. A method for selecting the diameter of the dispensing nozzle to the desired value of the ratio of volumetric flow rates of the extrudate and fillings is proposed. The analysis of the flow of heat-labile non-Newtonian fluids in channels extruder with allowance for dissipative phenomena and nonisothermal is conducted. Analytical determination of the distribution of temperature fields in fat-vitamine filling extrudates was conducted for the sites from the pump outlet to the extruder housing, in the pre matrix zone and co-extrusion head shape. The resulting mathematical model can be easily adapted to other areas of the extruder.

Ключевые слова: коэкструзия, течение материалов, дозирующий канал, экструдат, рецептура продукта.

Keywords: co-extrusion, for material dispensing port, extrudate product formulation.

© Василенко В.Н., Фролова Л.Н.,
Драган И.В., Русина К.Ю., 2014

Отдельным сегментом на рынке экструдированных комбикормов являются коэкструдированные продукты. Это продукты, состоящие из зерновой оболочки, внутри которой находится начинка (жировая, белковая, витаминная и т.д.). Коэкструдаты являются самыми «молодыми» на отечественном рынке.

Анализ течения термолабильных неньютоновских сред в каналах экструдера требует дополнительной оценки тепловой обстановки, так как неучет диссипативных явлений и неизотермичности может привести к нежелательным эффектам перегрева и снижению качества готовой продукции.

Рассмотрим экструдер для получения коэкструдированного продукта с расположением жировитаминной начинки внутри зерновой оболочки.

Целью работы является аналитическое определение распределения температурных полей в жировитаминной начинке, которая термо-

лабильна. В результате декомпозиции каналов по тепловой обстановке выделены следующие участки (рисунок 1): от выхода насоса до корпуса экструдера (I); по толщине корпуса (II); предматричная зона (III); коэкструзионная формирующая головка (IV). Рассмотрим последовательно теплообмен на всех этих участках.

Теплообмен на участке I можно рассматривать как теплообмен при стационарном движении среды в режиме идеального вытеснения по трубопроводу диаметром 2 мм и длиной 21 мм с температурой среды на выходе, составляющей 60 °С и температурой окружающей среды 20 °С.

Дифференциальное уравнение энергии для стационарного течения с умеренными скоростями в круглой трубе в отсутствие внутренних источников тепла, градиентов концентрации и градиента давления в цилиндрической системе координат (z, r, θ) таково:

$$u\rho \frac{\partial i}{\partial z} + v\rho \frac{\partial i}{\partial r} - \left[\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r\lambda \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial \theta} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda \frac{\partial t}{\partial z} \right) \right] = 0, \quad (1)$$

где u, v – скорости среды аксиальном направлении z и радиальном r соответственно; ρ, λ – плотность и теплопроводность среды; θ – угловая координата; t – локальная температура; i – энтальпия среды.

Ограничимся рассмотрением случая течения среды с постоянными физическими свойствами, тогда $d_i = c_p dt$, где C_p – теплоемкость среды.

В этом случае (1) принимает следующий вид.

$$u\rho c_p \frac{\partial t}{\partial z} + v\rho c_p \frac{\partial t}{\partial r} - \left[\frac{\lambda}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{\lambda}{r^2} \frac{\partial^2 t}{\partial \theta^2} + \lambda \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} \right] = 0, \quad (2)$$

Следует заметить, что для несжимаемой жидкости уравнение (2) справедливо и без допущения об отсутствии градиента давления.

Далее будем рассматривать гидродинамически стабилизированное и осесимметричное течение ($v = 0, \partial^2 t / \partial \theta^2 = 0$), тогда (2) упрощается:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial t}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 t}{\partial z^2} = \frac{u}{a} \frac{\partial t}{\partial z}, \quad (3)$$

где $a = \lambda / \rho c_p$ – температуропроводность среды.

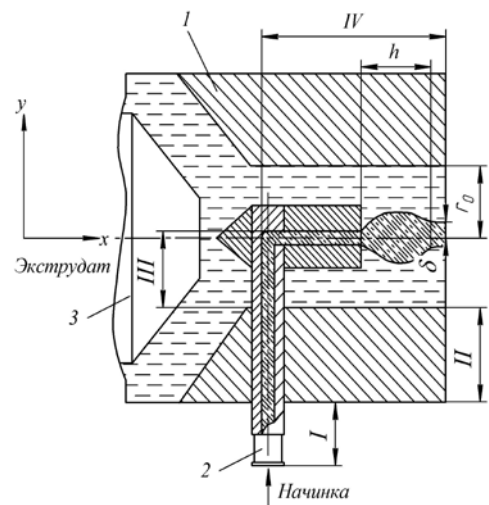


Рисунок 1. Расчетная схема течения экструдата и начинки в формирующем канале экструдера: 1 – корпус формирующей головки; 2 – подводящий патрубков; 3 – шнек

Без потери точности можно пренебречь аксиальной теплопроводностью по сравнению с радиальной ($\partial^2 t / \partial z^2 = 0$).

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial t}{\partial r} \right) = \frac{u}{a} \frac{\partial t}{\partial z}. \quad (4)$$

Для отыскания частного решения уравнения (4) замкнём его граничными условиями

$$t(r, 0) = t_f; \quad (5)$$

$$\frac{\partial t(0, z)}{\partial r} = 0; \quad (6)$$

$$t(r_p, z) = t_w, \quad (7)$$

где r_0 – радиус канала; t_f , t_w – температура начинки на входе в экструдер и температура стенки.

В силу предположения идеального течения среды следует, что $u = \text{const}$. Для дальнейшего анализа системы (4)-(7) приведём её к безразмерному виду с учётом того, что $t_f > t_w$, с помощью относительных параметров $R = r/r_0$; $Z = z/r_0$; $T = (t - t_w)/(t_f - t_w)$;

$Pe = ur_0/a$ к виду:

$$\frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial T}{\partial R} \right) = Pe \frac{\partial T}{\partial Z}; \quad (8)$$

$$T(R, 0) = 1; \quad (9)$$

$$\frac{\partial T(0, z)}{\partial R} = 0; \quad (10)$$

$$T(1, z) = 0 \quad (11)$$

Раскроем слагаемые в левой части уравнения (8):

$$\frac{1}{R} \frac{\partial}{\partial R} \left(R \frac{\partial T}{\partial R} \right) = \frac{1}{R} \left(\frac{\partial T}{\partial R} + R \frac{\partial^2 T}{\partial R^2} \right) = \frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial T}{\partial R}; \quad (12)$$

С учетом (12) математическая модель теплообмена на участке I примет окончательный вид:

$$\frac{\partial T}{\partial Z} = Pe^{-1} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial T}{\partial R} \right); \quad (13)$$

$$T(R, 0) = 1; \quad (14)$$

$$\frac{\partial T(0, z)}{\partial R} = 0; \quad (15)$$

$$T(1, z) = 0 \quad (16)$$

Применим в системе (13)-(16) интегральное преобразование Лапласа по переменной Z :

$$ST_L - 1 = Pe^{-1} \left(\frac{d^2 T_L}{dR^2} + \frac{1}{R} \frac{dT_L}{dR} \right); \quad (17)$$

$$\frac{dT_L(0, s)}{dR} = 0; \quad (18)$$

$$T_L(1, s) = 0, \quad (19)$$

где s , T_L – изображение Z и T .

После преобразования (17) имеем:

$$\frac{d^2 T_L}{dR^2} + \frac{1}{R} \frac{dT_L}{dR} - \frac{S}{Pe^{-1}} T_L + \frac{1}{Pe^{-1}} = 0 \quad (20)$$

Запишем соответствующее однородное уравнение для (20):

$$\frac{d^2 T_L}{dR^2} + \frac{1}{R} \frac{dT_L}{dR} - \frac{S}{Pe^{-1}} T_L = 0. \quad (21)$$

Умножим (21-3.79) на R^2 :

$$R^2 \frac{d^2 T_L}{dR^2} + R \frac{dT_L}{dR} - \frac{S}{Pe^{-1}} R^2 T_L = 0. \quad (22)$$

Пусть:

$$-S/Pe = \mu^2, \quad \mu = i\sqrt{S/Pe^{-1}}, \text{ тогда}$$

$$R^2 \frac{d^2 T_L}{dR^2} + R \frac{dT_L}{dR} + \mu^2 R^2 T_L = 0, \quad (23)$$

а это есть уравнение Бесселя, которое имеет следующее общее решение:

$$T_L(R, s) = C_1 I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}} R) + C_2 K_0(\sqrt{S/Pe^{-1}} R),$$

где I_0 , K_0 – модифицированные функции Бесселя и Ганкеля; C_1 , C_2 – константы интегрирования.

Частные решения неоднородного уравнения определяется из соотношения:

$$-\frac{S}{Pe^{-1}} T_L + \frac{1}{Pe^{-1}} = 0,$$

откуда $T_L = 1/S$

и общее решение уравнения (20) станет:

$$T_L(R, s) = C_1 I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}} R) + C_2 K_0(\sqrt{S/Pe^{-1}} R) + \frac{1}{S}.$$

Постоянная $C_2 = 0$, т. к. при $R \rightarrow 0$ $K_0(\sqrt{S/Pe^{-1}} R \rightarrow -\infty)$, тогда:

$$T_L(R, s) = C_1 I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}} R) + \frac{1}{S}.$$

Константу C_1 определим из условия (19):

$$T_L(1, s) = C_1 I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}}) + \frac{1}{S} = 0.$$

$$C_1 = -\frac{1}{sI_0(\sqrt{S/Pe^{-1}})}.$$

На основании этого решение задачи в изображениях таково:

$$T_L(R, s) = \frac{1}{S} - \frac{I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}}R)}{sI_0(\sqrt{S/Pe^{-1}})}. \quad (24)$$

Как видно из (24) для отыскания оригинала соблюдены все условия применения второй теоремы Ватченко-Захарченко. Применим оператор обратного преобразования Лапласа к (24):

$$L^{-1}[T_L(R, s)] = L^{-1}\left[\frac{1}{S}\right] - L^{-1}\left[\frac{I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}}R)}{sI_0(\sqrt{S/Pe^{-1}})}\right].$$

$$\text{Очевидно, что } L^{-1}\left[\frac{1}{S}\right] = 1.$$

Для определения оригинала второго слагаемого введём обозначения:

$$\phi(R, s) = I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}}R); \quad \psi(s) = sI_0(\sqrt{S/Pe^{-1}}).$$

Найдем корни $\psi(s) = 0$: 1. $S = 0$; 2. и множество корней уравнения:

$$I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}}) = 0,$$

но $I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}}) = J_0(i\sqrt{S/Pe^{-1}})$, поэтому это уравнение эквивалентно уравнению:

$$J_0(\mu) = 0. \quad (25)$$

Вычислим $\psi'(s)$:

$$\psi'(s) = I_0(\sqrt{S/Pe^{-1}}) + s \frac{1}{2\sqrt{sPe^{-1}}} I_1(\sqrt{S/Pe^{-1}}).$$

Определим:

$$\phi(R, 0) = 1; \quad \psi'(0) = 1; \quad \phi(R, \mu) = J_0(\mu R);$$

$$\begin{aligned} \psi'(\mu) &= \frac{1}{2}\sqrt{s/Pe^{-1}} I_1(\sqrt{s/Pe^{-1}}) = \frac{1}{2}i\sqrt{s/Pe^{-1}} i^{-1} I_1(\sqrt{s/Pe^{-1}}) = \\ &= -\frac{1}{2}\mu i I_1(\sqrt{s/Pe^{-1}}) = -\frac{1}{2}\mu J_1(\mu). \end{aligned}$$

С учетом формулы обращения:

$$\frac{\phi(R, 0)}{\psi'(0)} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\phi(R, \mu_n)}{\psi'(\mu_n)} \exp(-\mu_n^2 Pe^{-1} Z)$$

получим окончательное решение задачи:

$$T(R, Z) = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{J_0(\mu_n R)}{\mu_n J_1(\mu_n)} \exp(-\mu_n^2 Pe^{-1} Z)$$

Найдем среднюю по сечению температуру:

$$\bar{T}(Z) = 2 \int_0^1 RT(R, Z) dR = 4 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{\mu_n^2} \exp(-\mu_n^2 Pe^{-1} Z).$$

Анализируя полученное решение, можно сделать вывод о том, что на этом участке происходит охлаждение среды. Для получения количественных показателей необходимо определить критерий Pe .

Воспользуемся формулой Дарси:

$$\Delta p = \xi \frac{\rho u^2}{2} \frac{l}{d_r}, \quad (26)$$

где ξ – коэффициент сопротивления трения; $d_r = 2r_0$; l – длина канала,

В силу высокой вязкости жировой начинки – режим течения ламинарный, поэтому $\xi = 16 / Re$, где Re – число Рейнольдса

$$Re = \frac{d_r u}{\mu} = \frac{2r_0 u}{\mu}, \text{ тогда:}$$

$$\xi = \frac{8\mu}{r_0 u}. \quad (27)$$

Подставляя (27) в (26), получим:

$$\Delta p = \frac{8\mu}{r_0 u} \frac{\rho u^2}{2} \frac{l}{2r_0} = \frac{2\rho l u \mu}{r_0^2},$$

Откуда:

$$u = \frac{\Delta p r_0^2}{2\rho l \mu} \quad (28)$$

Перепад давления:

$$\Delta p = p_1 - p_2 = 7 - 0,1 = 6,9 \text{ МПа} = 6,9 \cdot 10^6$$

$$\text{Па; } r_0 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м; } \rho = 886 \text{ кг/м}^3;$$

$$\mu = 196 \text{ Па} \cdot \text{с; } l = 21 \cdot 10^{-3} \text{ м, тогда:}$$

$$u = \frac{6,9 \cdot 10^6 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^2}{2 \cdot 886 \cdot 21 \cdot 10^{-3} \cdot 196} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м/с}$$

Коэффициент температуропроводности равен $a = \lambda / (\rho c_p)$, где:

$$\lambda = 0,177 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К); } \rho = 886 \text{ кг/м}^3; c_p = 2303 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К), тогда:}$$

$$a = \frac{0,177}{886 \cdot 2303} = 8,67 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$\text{В итоге: } Pe = \frac{ur_0}{a} = \frac{1 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 10^{-3}}{8,67 \cdot 10^{-8}} = 11,53.$$

Для инженерных расчетов можно применять приближенную формулу:

$$\bar{T}(Z) \approx \frac{4}{\mu_1^2} \exp(-\mu_1^2 Z / Pe)$$

На выходе из участка I: $Z = 21 \cdot 10^{-3} / 1 \cdot 10^{-3} = 21$, первый корень уравнения (25) $\mu = 2,4048$, тогда:

$$\bar{T}(Z) = \frac{4}{(2,4048)^2} \exp\left(-2,4048^2 \frac{21}{11,53}\right) = 1,8 \cdot 10^{-5};$$

$$\bar{T}(Z) = \frac{\bar{t} - t_w}{t_f - t_w} = 1,8 \cdot 10^{-5}; \quad \bar{t} \approx t_w.$$

Полученный результат свидетельствует о понижении температуры начинки на участке I, что может привести к забивке канала. Во избежание этого необходимо теплоизоляция канала на участке I. Следует заметить, что полученная математическая модель легко адаптируется и для других участков.

Рассмотрим участок II. В стационарных условиях устанавливается линейный профиль температур по толщине корпуса. Если температура внутренней стенки составляет 150 °С, а внешней 20 °С, то средняя температура стенки равна 85 °С. Расчеты показывают, что в этом случае температура начинки, прошедшая через корпус составляет как раз 85 °С. Нет смысла в этом случае продолжать последовательные вычисления, ясно, что при заданной геометрии и скорости течения среды, температура начинки на входе в формирующий канал превысит допустимую, что приведет к необратимым изменениям в виде разложения жировых составляющих. Для решения этого вопроса необходимо существенное увеличение числа Pe, что может быть достигнуто увеличением скорости или диаметра канала для начинки или одновременно их увеличением.

Таким образом, необходимо решить оптимизационную задачу по выбору режимных и геометрических параметров. Если иметь в виду неизменность конструктивных характеристик экструдера, то решение этой задачи может быть получено следующим образом.

Пусть Pe есть скорость функции начинки, т. е. $Pe = Pe(u)$.

ЛИТЕРАТУРА

1 Василенко В.Н. Исследование и идентификация параметров математической модели процесса коэкструзии кормовых смесей // Вестник ВГТА. 2009. № 2. С. 40–44.

На выходе из участка I температура среды есть:

$$\bar{t}_1 = t_{w1} + (t_{f1} - t_{w1}) \exp[-\mu_1^2 Z_1 / Pe(u)]. \quad (29)$$

На выходе из участка II температура среды есть:

$$\bar{t}_2 = t_{w2} + (\bar{t}_1 - t_{w2}) \exp[-\mu_1^2 Z_2 / Pe(u)]. \quad (30)$$

На выходе из участка III температура среды есть:

$$\bar{t}_3 = t_{w3} + (\bar{t}_2 - t_{w3}) \exp[-\mu_1^2 Z_3 / Pe(u)]. \quad (31)$$

На выходе из участка IV температура среды есть:

$$\bar{t}_4 = t_{w4} + (\bar{t}_3 - t_{w4}) \exp[-\mu_1^2 Z_4 / Pe(u)]. \quad (32)$$

Т а б л и ц а 1
Численные значения решения трансцендентного уравнения

Pe	t^* , °С	ν , м/с
250	121,67	0,021
500	99,07	0,043
750	88,20	0,065
1000	81,99	0,087
1250	78,01	0,108
1500	75,24	0,130
1750	73,21	0,152
2000	71,65	0,173

Эта температура должна быть $\bar{t}_4 = t^*$.
Задача: выбрать u для реализации этого условия.

Редукцией (29)-(30) можно свести эти выражения в одно трансцендентное уравнение относительно Pe в зависимости от t^* и решить его (таблица 1).

Результатом решения и будет требуемое Pe, а, следовательно, и скорость при заданном r_0 и известном a , т. е. $u = Pe \cdot a / r_0$.

$$\frac{a}{r_0} = 8,67 \cdot 10^{-5}; \quad \nu = 8,67 \cdot 10^{-5} Pe$$

Вывод: приемлемая скорость течения начинки 0,087 м/с.

REFERENCES

1 Vasilenko V.N. Research and identification of parameters of the mathematical model of the process of co-extrusion feed mixtures. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2009, no. 2, pp. 40-44. (In Russ.).

2 Василенко В.Н., Остриков А.Н., Ряжских В.И. О влиянии расположения дозирующего патрубка в формующем канале матрицы экструдера на гидродинамическую структуру потоков при коэкструзии // Вестник ВГТА. 2010. № 2. С. 46-49.

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

4 Василенко В.Н., Остриков А.Н., Ряжских В.И. Математическая модель течения двух вязкопластичных сред в формующем канале экструдера при коэкструзии // Вестник ВГУИТ. 2012. № 2. С. 64-67.

5 Василенко В.Н., Остриков А.Н. Техника и технологии экструдированных комбикормов. Воронеж: Издательство ВГТА, 2011. 456 с.

2 Vasilenko V.N., Ostrikov A.N., Riazhskikh V.I. On the influence of the location of the dispensing nozzle in the form of channels matrix extruder hydrodynamic flow patterns in coextrusion. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2010, no. 2. pp. 46-49. (In Russ.).

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

4 Vasilenko V.N., Ostrikov A.N., Riazhskikh V.I. Mathematical model of flow of two viscoplastic media in the form channels of coextrusion extruder. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 2, pp. 64-67. (In Russ.).

5 Vasilenko V.N., Ostrikov A.N. *Tekhnika i tekhnologii ekstrudirovannykh kombikormov* [Technique and technology of extruded feed]. Voronezh, Izdatel'stvo VGTA, 2011. 456 p. (In Russ.).

УДК 637.56:66.046

Профессор Н.С. Родионова, доцент Е.С. Попов,
аспирант Т.И. Бахтина
(Воронеж. гос. ун-т. инж. техн.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса.
тел.(473) 255-37-72
E-mail: e_s_popov@mail.ru

Professor N.S. Rodionova, associate professor E.S. Popov,
graduate T.I. Bakhtina
(Voronezh state university of engineering technology) Department of service and catering business.
phone (473) 255-37-72
E-mail: e_s_popov@mail.ru

Влияние режимов низкотемпературной термовлажностной обработки на формы связи влаги в рисо-овощной смеси с гидробионтами

Effect of low-temperature hygrothermal processing on forms of association of moisture in rice-vegetable mixture with hydrobionts

Реферат. В отрасли организации питания распространено сочетание риса, овощного сырья: лука и моркови, а также гидробионтов: рыбы, кальмаров, которое позволяет получить блюдо с высокими потребительскими свойствами. В статье исследовано влияние количества вносимой воды на соотношение свободной и связанной влаги в образцах блюд, полученных с применением низкотемпературной термо-влажностной обработки, по сравнению с контролем. Установлено, что для рисо-овощной смеси с кальмаром, добавление воды в количестве, превышающем 12,0 % от общей массы блюда приводит к увеличению массовой доли свободной влаги. Для рисо-овощной смеси с карпом внесение дополнительного количества воды не рекомендуется, поскольку внесение воды даже в количестве 5 % от общей массы блюда приводит к увеличению массовой доли свободной влаги. Полученные данные свидетельствуют о том, что применение низкотемпературной термо-влажностной обработки исследуемых образцов с предварительной вакуумной упаковкой способствует сокращению технологических потерь массы готовой продукции, вследствие сохранения количеств свободной влаги с одновременным увеличением массы связанной влаги, что способствует обеспечению лучшей консистенции готового продукта, увеличению срока хранения и выхода полуфабрикатов.

Summary. In the catering industry common combination of rice, vegetable raw materials: onion and carrot, and aquatic organisms: fish, squid, which allows you to get a dish with high consumer properties. The article investigated the influence of the amount of water introduced by the ratio of free and bound moisture in food samples obtained using the low temperature thermo-humidity treatment, compared with the control. Found that for all drawing and vegetable mixture with squid, adding water in an amount exceeding 12.0 % of the total weight of the meal increases the mass fraction of free moisture. For rice-vegetable mixture with carp introduction of additional water is not recommended, since the introduction of water even in the amount of 5 % of the total weight of the meal increases the mass fraction of free moisture. The data indicate that the use of low-temperature thermal treatment of the samples humid pre vacuum packaging technology helps to reduce finished product weight loss, due to the amount of free moisture conservation while increasing the mass of bound water that helps to ensure better consistency of the final product, increase the shelf life and exit semis.

Ключевые слова: животное сырье, растительное сырье, полуфабрикат, вакуумная упаковка, низкотемпературные режимы тепловой обработки.

Keywords: animal feed, vegetable raw materials, semi-finished product, vacuum packaging, low-temperature heat treatment regimes.

В настоящее время развитие предприятий индустрии питания связано с применением инновационных технологий и оборудования для обработки пищевых сред, что оказывает существенное влияние на показатели качества и потребительские свойства готовой кулинарной продукции. Следует отметить, что основная масса сырья при использовании его на предприятиях общественного питания подвергается тепловой обработке, которая оказывает существенное влияние на качество готовой продукции. Одним из инновационных направ-

лений развития является применение низкотемпературной термо-влажностной кулинарной обработки пищевых продуктов, предварительно вакуум-упакованных в полимерную термостойчивую пленку [1, 2].

При приготовлении блюд, как правило, используют различные продукты, обеспечивающие сбалансированный состав готовой продукции по жирам, белкам, углеводам, макро- и микроэлементам. В кулинарии распространено

© Родионова Н.С., Попов Е.С., Бахтина Т.И., 2014

сочетание риса, овощного сырья: лука и моркови, а также гидробионтов: рыбы, кальмаров, которое позволяет получить блюдо с высокими потребительскими свойствами. Данные ингредиенты, в процессе приготовления блюд, могут применяться с различной формой нарезки: целиком, кубиками, соломкой, в виде колец, в тертом виде.

Объект исследования – рисо-овощная смесь с гидробионтами с использованием лука (нарезка кубики $0,5 \times 0,5$ см), моркови (нарезка соломка $1,5 \times 0,2 \times 0,2$ см), риса длиннозерного шлифованного 1 сорта (ГОСТ 6292-93), а также кальмаров или рыбы (нарезка порционными кусочками).

Известно, что предварительная гидратация риса обеспечивает сокращение времени на последующую термовлажностную обработку. В связи с этим рис подвергали предварительной гидратации при температуре 353 К в течении 30 мин с последующим смешиванием с овощными компонентами блюда в следующих соотношениях: для рисо-овощной смеси с кальмаром: рис длиннозерный – 58 %, лук – 12 %, кальмар – 30 %; для рисо-овощной смеси с рыбой: рис длиннозерный – 60 %, морковь – 6 %, лук – 9 %, рыба – 25 % [3].

В процессе исследований определяли количество влаги, необходимое для достижения требуемой консистенции компонентов смеси, увеличения выхода готовых изделий,

при обеспечении максимальных сроков хранения, которые, как известно, в значительной степени определяются количеством свободной влаги в пищевом объекте.

Процесс тепловой обработки компонентов блюда проводили в диапазоне температур 333–373 К, с предварительной вакуумной упаковкой в полимерную пленку, влагосодержание теплоносителя поддерживалось равным 100 %. В образцах продукта контролировали степень кулинарной готовности, которая определялась достижением требуемой консистенции готового продукта.

Изменение состояния влаги в продукте оказывает определенное влияние на физико-химические и органолептические показатели изделий. В связи с этим целью исследований являлось определение влияния режимов данной технологии на изменение форм связи влаги в объектах исследования. Количество влаги изменяли в диапазоне от 0 (контроль) до 15,0 % по массе.

В полученных образцах изучали динамику изменения влажности на влагомере FD-610 «КЕТТ» (Япония) с интервалом 2 мин. Количественные и качественные изменения форм связи влаги анализировали на основании полученных графических зависимостей обезвоживания и скорости обезвоживания образцов блюд с кальмаром (рисунки 1, 3) и рыбой (рисунки 2, 4).

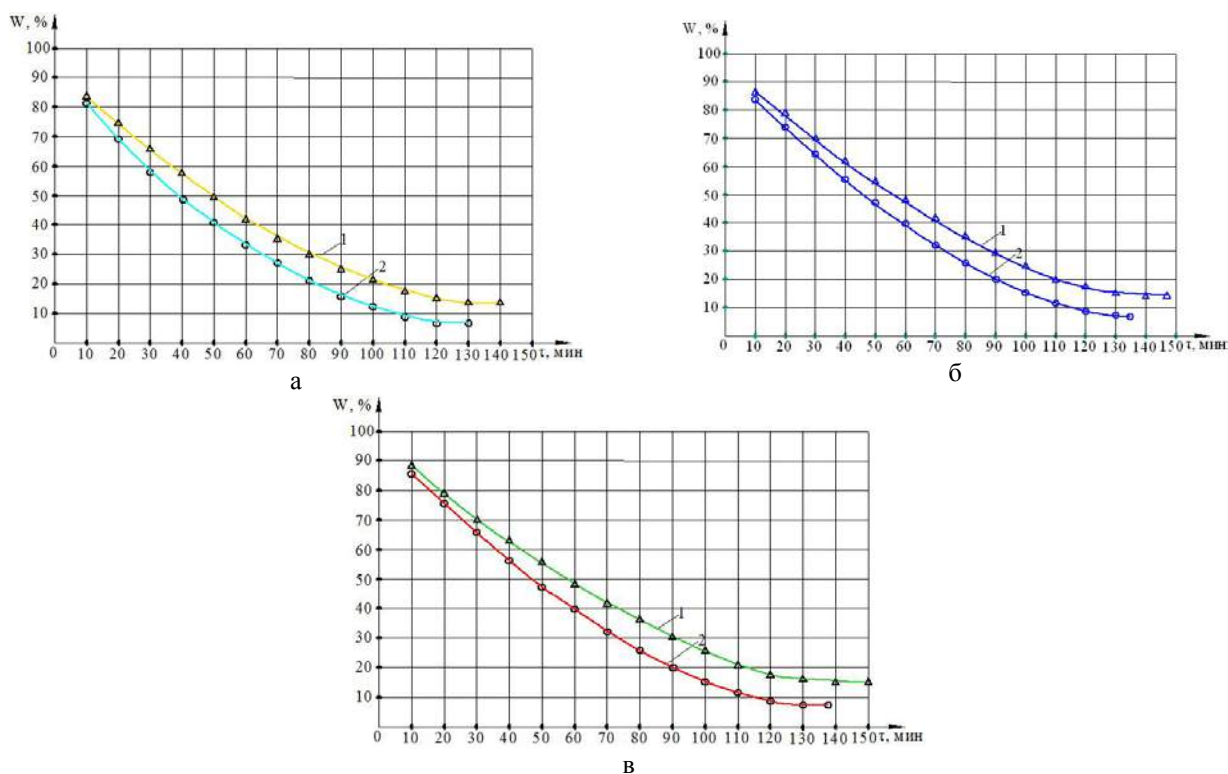


Рисунок 1. Графические зависимости обезвоживания образцов рисо-овощных смесей с кальмаром (а – без добавления воды; б – с добавлением воды (12,5 %); в – с добавлением воды (15,0 %)) обработанных при различных температурных режимах: 1 – 333 К, 2 – 373 К

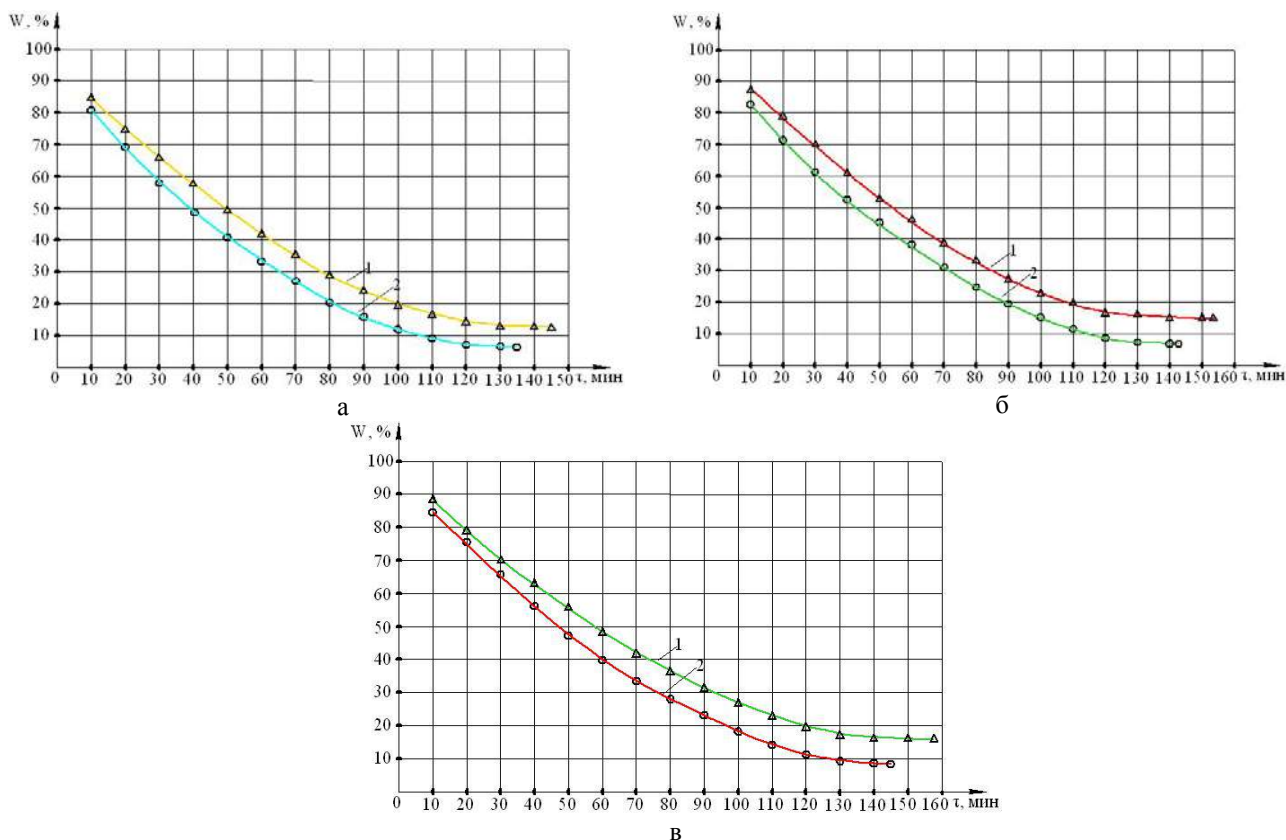


Рисунок. 2 Графические зависимости обезвоживания образцов рисо-овощных смесей с карпом (а – без добавления воды; б – с добавлением воды (5,0 %); в – с добавлением воды (10,0 %)) обработанных при различных температурных режимах: 1 – 333 К, 2 – 373 К

Исходя из анализа представленных зависимостей, следует, что продолжительность процесса обезвоживания рисо-овощных смесей с гидробионтами возрастает при добавлении воды и составляет: для рисо-овощной смеси с кальмаром: 135 (при 373 К) – 145 мин (при 333 К) и 142-145 (при 373 К) – 153-157 мин (при 333 К); для рисо-овощной смеси с карпом: 130 (при 373 К) – 140 мин (при 333 К) и 135-138 (при 373 К) – 147-150 мин (при 333 К).

При анализе графических зависимостей (рисунки 3, 4) было выявлено, что имеют место три стадии процесса обезвоживания: возрастающей (прогрев), постоянной и убывающей скоростей процесса. Это свидетельствует о наличии влаги в продукте в различных формах: период постоянной скорости обезвоживания соответствует процессу удаления свободной влаги, период убывающей скорости – процессу удаления связанной формы влаги. Было установлено, что температура термо-влажностной обработки рисо-овощных смесей с гидробионтами, а также количество вносимой воды оказывают существенное влияние на переход свободной влаги в связанное состояние. Скорость обезвоживания

меняется в следующих диапазонах: для рисо-овощной смеси с кальмаром: от 0,90 до 1,22 г/мин (333 К; 373 К) – для образцов блюд, приготовленных без добавления воды; от 0,95 до 1,53 г/мин (333 К; 373 К) – для образцов блюд, приготовленных с добавлением воды в различных пропорциях; для рисо-овощной смеси с карпом: от 0,84 до 1,16 г/мин (333 К; 373 К) – для образцов блюд, приготовленных без добавления воды; от 0,86 до 1,39 г/мин (333 К; 373 К) – для образцов блюд, приготовленных с добавлением воды в различных пропорциях.

Исходя из анализа влияния количества вносимой воды на соотношение свободной и связанной влаги в образцах, по сравнению с контролем, установлено, что для рисо-овощной смеси с кальмаром добавление воды в количестве, превышающем 12,0 % от общей массы блюда, приводит к увеличению массовой доли свободной влаги. Для рисо-овощной смеси с карпом внесение дополнительного количества воды не рекомендуется, поскольку внесение воды даже в количестве 5 % от общей массы блюда приводит к увеличению массовой доли свободной влаги.

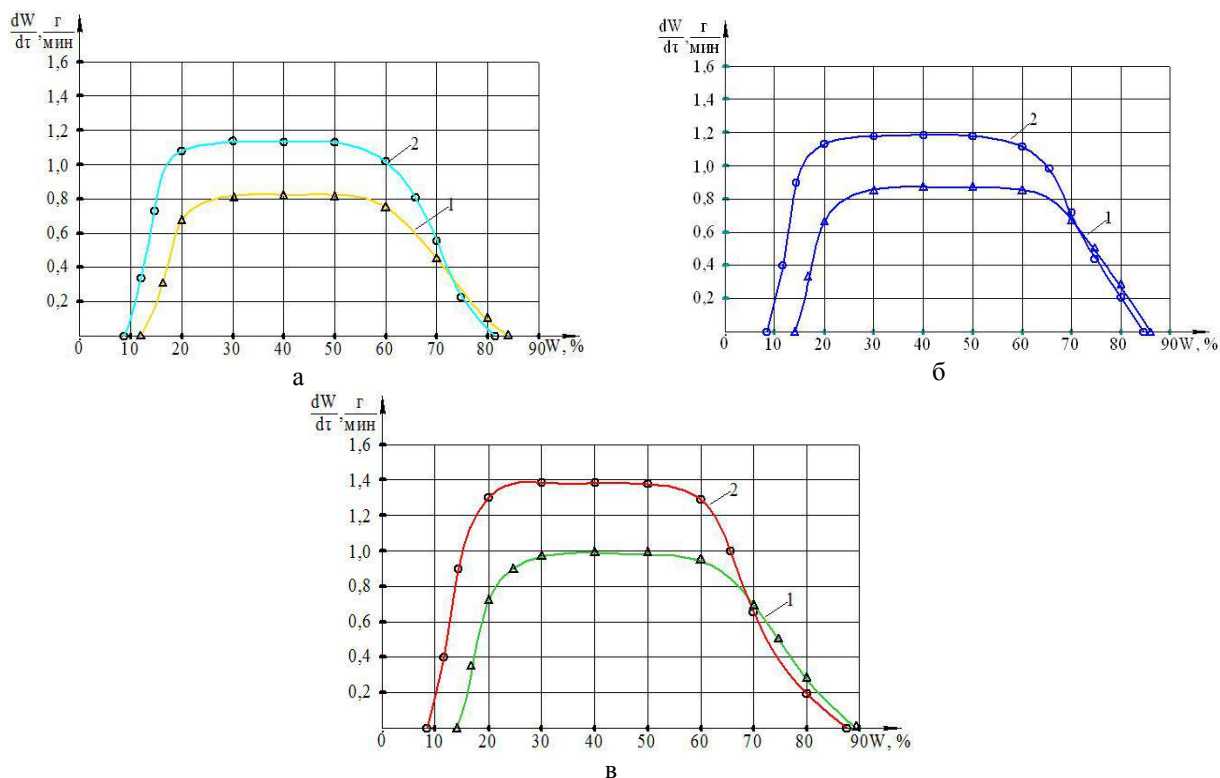


Рисунок 3. Графические зависимости скорости обезвоживания образцов рисо-овощных смесей с кальмаром (а – без добавления воды; б – с добавлением воды (12,5 %); в - с добавлением воды (15,0 %)) обработанных при различных температурных режимах: 1 – 333 К, 2 – 373 К

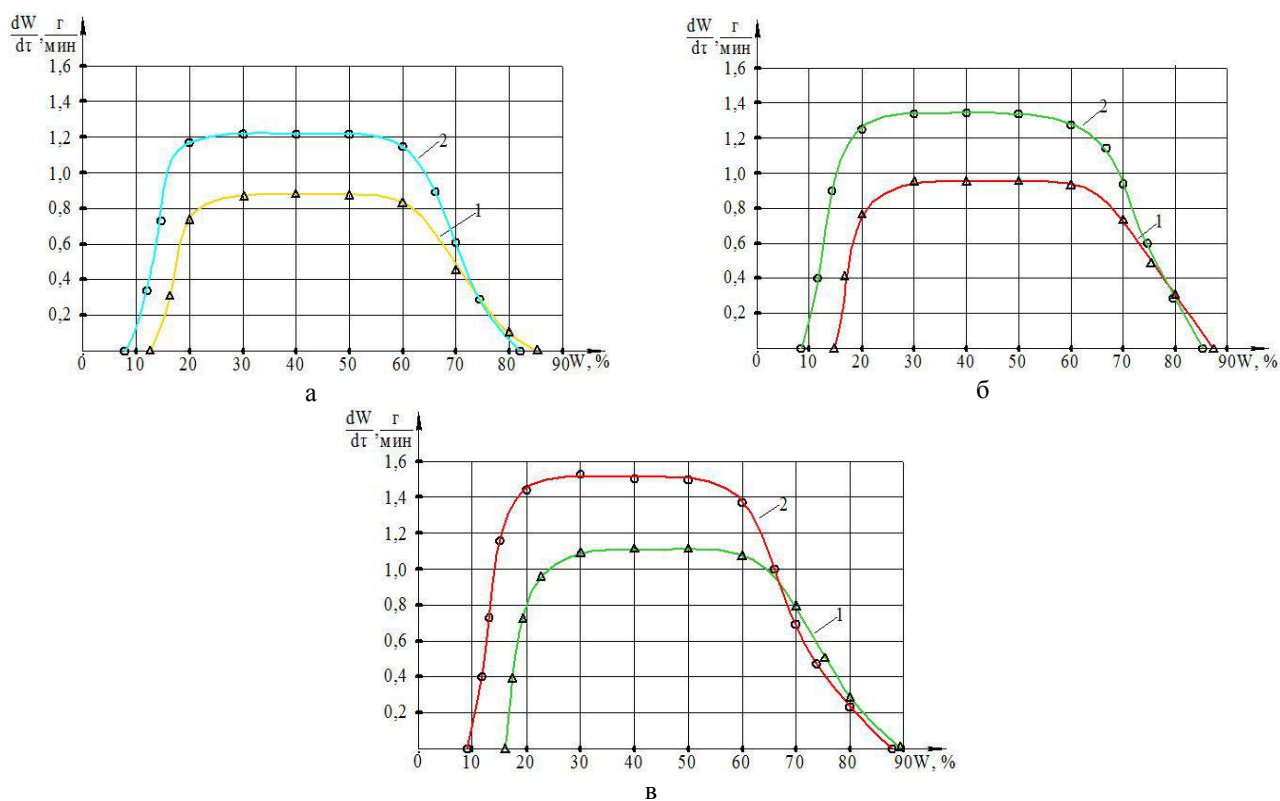


Рисунок 4. Графические зависимости скорости обезвоживания образцов рисо-овощных смесей с карпом (а – без добавления воды; б – с добавлением воды (5,0 %); в - с добавлением воды (10,0 %)) обработанных при различных температурных режимах: 1 – 333 К, 2 – 373 К

Также следует отметить, что дальнейшее увеличение количества воды в рецептуре, перед термической обработкой, ведет к снижению органолептических показателей и сокращению продолжительности срока хранения рисово-овощных смесей с гидробионтами.

Также было исследовано влияние режимов данной технологии на формы связи влаги в объектах исследования на примере гидробионтов. Изменение состояния влаги в продукте оказывает определенное влияние на физико-химические, органолептические показатели изделий, их хранимостпособность.

Было установлено, что температура термо-влажностной обработки исследуемых образцов, а также предварительная вакуумная упаковка

оказывает существенное влияние на переход свободной влаги в связанное состояние. Исходя из анализа представленных зависимостей (рисунки 5, 6), следует, что продолжительность процесса сушки образцов гидробионтов, обработанных в упаковке, имеет меньшие численные значения по сравнению с образцами, обработанными традиционным способом. Продолжительность процесса сушки для упакованных образцов составляет: 63 (при 373 К) – 68 мин (при 333 К) – для образцов кальмара; 60 (при 373 К) – 65 мин (при 333 К) – для образцов карпа. Продолжительность процесса сушки для образцов, обработанных традиционным способом, составляет: 60 мин – для образцов кальмара; 55 мин – для образцов карпа.

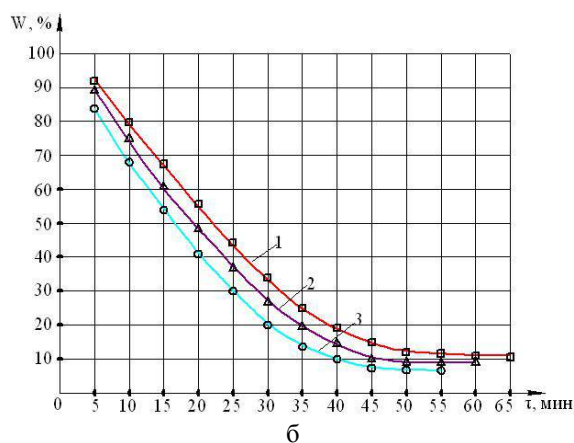
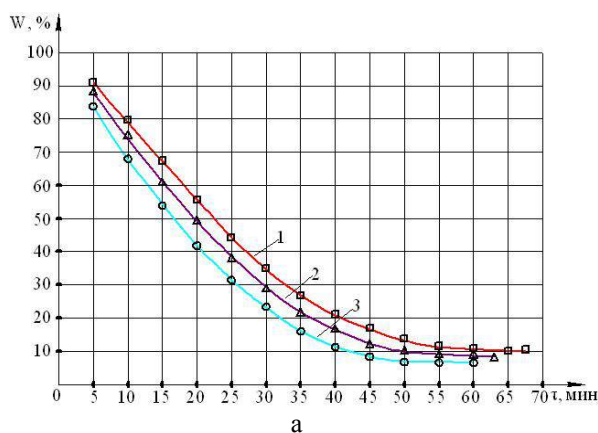


Рисунок 5. Графические зависимости обезвоживания образцов (а – кальмара; б – карпа) обработанных при различных температурных режимах: 1 – 333 К, 2 – 373 К, 3 – обработка традиционным способом

Различие в значениях продолжительности процесса испарения осмотически и иммобилизованно связанной влаги упакованных образцов и образцов, обработанных традиционным способом, объясняется различием в значениях влагосодержания, достигнутых по истечении тепловой обработки, которые определяют величины технологических потерь. Потери

массы исследуемых упакованных образцов зависят от режимных параметров тепловой обработки и составляют: 13,5...19,5 % – для образцов кальмара; 9,5...20,0 % – для образцов карпа. Потери массы при обработке традиционным способом составляют: для образцов кальмара – 39,5 %; для образцов карпа – 33,0 %.

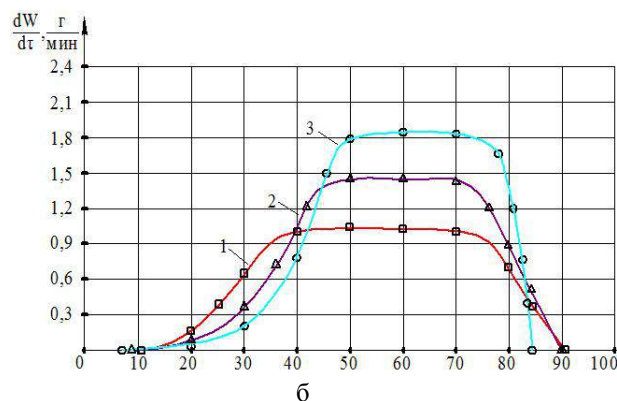
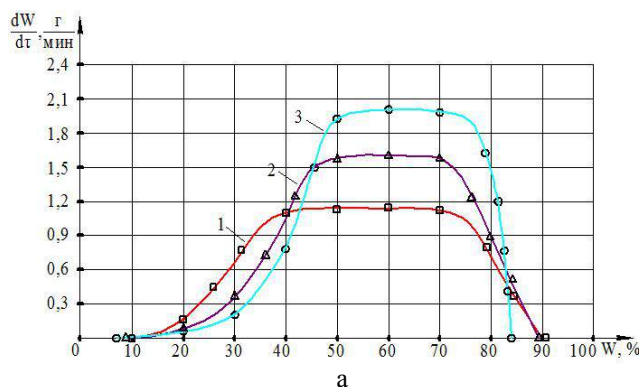


Рисунок 6. Графические зависимости скорости обезвоживания образцов (а – кальмара; б – карпа) обработанных при различных температурных режимах: 1 – 333 К, 2 – 373 К, 3 – обработка традиционным способом

При анализе графических зависимостей было выявлено, что имеют место три стадии процесса: возрастающей (прогрев), постоянной и убывающей скоростей испарения. Это свидетельствует о наличии влаги в продукте в различных формах: период постоянной скорости обезвоживания соответствует процессу удаления осмотически и иммобилизованно связанной влаги, период убывающей скорости – процессу удаления химически связанной влаги.

Было установлено, что наличие полимерной упаковки, а также характеристики теплоносителя в рабочей камере аппарата оказывают существенное влияние на переход свободной влаги в связанное состояние. Скорость сушки меняется в следующих диапазонах: от 1,15 до

1,60 г/мин (333 К; 373 К) – для образцов кальмара; от 1,03 до 1,46 г/мин (333 К; 373 К) – для образцов карпа. При этом скорость процесса сушки при обработке традиционным способом составляет 2,02 г/мин – для образцов кальмара; 1,85 г/мин – для образцов карпа.

Из анализа полученных данных следует, что скорость процесса сушки упакованных образцов ниже соответствующих значений, достигаемых при обработке традиционным способом: в 1,26...1,75 раза – для образцов кальмара; в 1,26...1,79 раза – для образцов карпа.

На основании проведенных исследований предлагаются следующие рецептурно-технологические схемы производства рисо-овощных смесей с гидробионтами (рисунок 7).



Рисунок 7. Рецептурно-технологическая схема производства рисо-овощных смесей с гидробионтами: а – с кальмаром; б – с карпом

Приготовленные по данной технологии рисо-овощные смеси с гидробионтами сохраняются при $T = 293-295$ К в течении 5-7 суток, что позволяет предложить их для питания в специальных (полевых) условиях.

Полученные данные свидетельствуют о том, что применение низкотемпературной термо-влажностной обработки исследуемых об-

разцов с предварительной вакуумной упаковкой способствует сокращению технологических потерь массы готовой продукции, вследствие сохранения количеств свободной влаги с одновременным увеличением массы связанной влаги, что способствует обеспечению лучшей консистенции готового продукта, увеличению срока хранения и выхода полуфабрикатов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бахтина Т.И. Исследование процесса тепловой обработки карпа с применением низкотемпературного термо-влажностного режима // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 3. С 80-82.

2 Родионова Н. С., Попов Е.С., Фалеева Т.И. Исследование процесса тепловой обработки гидробионтов с использованием низкотемпературного термо-влажностного режима // Вестник РАСХН. 2011. № 6. С. 75-78.

3 Родионова Н.С., Попов Е.С., Де-Соуза Л.Д.К. Исследование влияния режимов предварительной гидратации на тепловую обработку риса для специального питания // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 3. С. 43-45.

REFERENCES

1 Bachtina T.I. Study of heat treatment process of carp using low thermal and humidity. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. [Modern problems of science and education], 2012, no. 3, pp. 86 - 89.

2 Rodionova N.S., Popov E.S., T.I. Faleeva Investigation of thermal processing of aquatic organisms with the use of low-temperature thermal and humidity. *Vestnik RASKXN*. [Journal of Agricultural Sciences], 2011, no. 6, pp. 75 - 78.

3 Rodionova N.S., Popov E.S., De-Sousa L.D.K. Study on the effect of pre-hydration cooked rice for special nutrition. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural], 2012, no. 3, pp. 43 - 45.

УДК 664:66.047

Профессор С.Т. Антипов, доцент А.В. Журавлев,
аспирант А.В. Бородкина

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.
тел. (473) 255-55-57

ведущий специалист А.Ю. Баранов

(ООО «Аскон – Воронеж»)

Professor S.T. Antipov, associate Professor A.V. Zhuravlev,
graduate student A.V. Borodkina

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

E-mail: vini-46@yandex.ru

leading specialist A.U. Baranov

(Ltd. «Askon-Voronezh»)

Исследование кинетики сушки гречихи в сушилке с закрученными потоками теплоносителя

Study of drying kinetics of buckwheat in the dryer with twisted coolant flows

Реферат. Сушка семян гречихи является одной из важнейших стадий подготовки данного сырья к последующему процессу его переработки. От режима сушки зависят пищевая ценность и качественные показатели готовой продукции, являющиеся результатом структурно-механических, биологических и физико-механических преобразований веществ. Технологические режимы сушки семян гречихи зависят от содержания в них воды и оказывают существенное влияние на изменение углеводов, денатурацию белка, окисления липидов, изменения витаминов и органических кислот. Предложен новый способ сушки гречихи и спроектирована и изготовлена экспериментальная сушильная установка с регулируемым закрученным потоком теплоносителя. Для исследования и постановки опытов с целью определения оптимального режима сушки было применено центральное композиционное равномерное планирование и выбран полный факторный эксперимент. Проведены исследования кинетики сушки и теплообмена зерна гречихи в аппарате с закрученным потоком теплоносителя. Исследовано влияние различных параметров на кинетику сушки гречихи в сушилке с закрученными потоками теплоносителями. Представлены результаты проведенных экспериментальных исследований сушки гречихи в сушилке с закрученными потоками теплоносителя. На основании экспериментальных данных и их статистической обработки была получена математическая модель, адекватно описывающая процесс сушки гречихи в аппарате с закрученным потоком теплоносителя. Определен характер изменения критериев оптимизации в зависимости от входных факторов. Результаты математической модели будут полезны широкому кругу специалистов, занимающихся сушкой гречихи, а также для расчета и проектирования современных сушильных установок.

Summary. Drying of buckwheat seeds is one of the most important stages of preparation of this raw material to the subsequent process of its processing. The nutritional value and quality indicators of the finished product depend on the mode of drying and are the result of structural, mechanical, biological and physico-mechanical transformations of substances. Technological modes of drying buckwheat seeds depend on the content of water and have a significant effect on the change of carbohydrates, protein denaturation, oxidation of lipids, changes of vitamins and organic acids. A new method of drying buckwheat and designed and constructed an experimental dryer with adjustable swirling flow of the coolant is proposed. For the study of the experiments and to determine the optimal mode of drying was used central composite rotatable uniforms - planning and selected full factorial experiment. The kinetics of drying and heat buckwheat in the device with twisted coolant flow was investigated. The influence of various parameters on the drying kinetics of buckwheat in the dryer with twisted coolant flow was investigated. Presents the results of experimental studies, buckwheat drying in the dryer with twisted coolant flows. On the basis of experimental data and their statistical processing was obtained a mathematical model that adequately describes the process of drying buckwheat in the device with twisted coolant flow. The character of changes in the criteria optimization depending on the input factors was determined. The results of the mathematical model will be useful to a wide range of professionals involved in drying buckwheat, as well as for the calculation and design of modern drying - boiler systems.

Ключевые слова: сушка, гречиха, исследование, сушилка с закрученными потоками, тепло- массообмен.

Keywords: drying, buckwheat, research, dryer with swirling flow, heat and mass exchange.

© Антипов С.Т., Журавлев А.В., Бородкина А.В., 2014

Гречиха одна из наиболее важных сельскохозяйственных культур, являющаяся незаменимым продуктом питания. Гречневая крупа имеет высокие вкусовые качества, питательна, хорошо усваивается. Гречневую крупу относят к числу лучших диетических продуктов. Кроме того, гречиха является хорошим медоносом, а высокая усваивающая способность ее корневой системы способствует повышению плодородия почвы [1].

Зерно гречихи отличается высоким содержанием незаменимых аминокислот. По одной из важнейших незаменимых аминокислот – лизину – зерно гречихи превосходит зерно проса, пшеницы, ржи, риса и приближается к соевым бобам. По содержанию треонина зерно гречихи превосходит зерно проса, пшеницы и ржи, а по содержанию валина уступает лишь рису.

По содержанию валина зерно гречихи может быть приравнено к молоку, по лейцину – к говядине, фенилаланину – к молоку и говядине. По содержанию триптофана зерно гречихи не уступает продуктам животного происхождения.

Сушка семян гречихи является одной из важнейших стадий подготовки данного сырья к последующему процессу его переработки. От режима сушки зависят пищевая ценность и качественные показатели готовой продукции, являющиеся результатом структурно-механических, биологических и физико-механических преобразований веществ. Технологические режимы сушки семян гречихи зависят от содержания в них воды и оказывают существенное влияние на изменение углеводов, денатурацию белка, окисления липидов, изменения витаминов и органических кислот.

Для изучения процессов, происходящих в сушильных установках, не достаточно знаний только свойств высушиваемого материала. Необходимо также знать кинетические характеристики и особенности термодинамики. Важное значение при этом имеет рациональное сочетание экспериментальных данных и методов математического анализа, которые определяют взаимосвязь величин, оказывающих наибольшее влияние на специфику тепло- и массообмена в процессе сушки [1].

Для исследования кинетики сушки гречихи была спроектирована и изготовлена экспериментальная сушильная установка с регулируемым закрученным потоком теплоносителя, конструкция которой представлена на рисунках 1, 3, 4 [2, 3, 4, 5].

Для исследования влияния параметров процесса сушки на качество получаемого продукта и обоснование режима сушки гречихи

было выполнено планирование эксперимента, позволяющее варьировать одновременно все факторы и получать количественные оценки эффектов их взаимодействия.

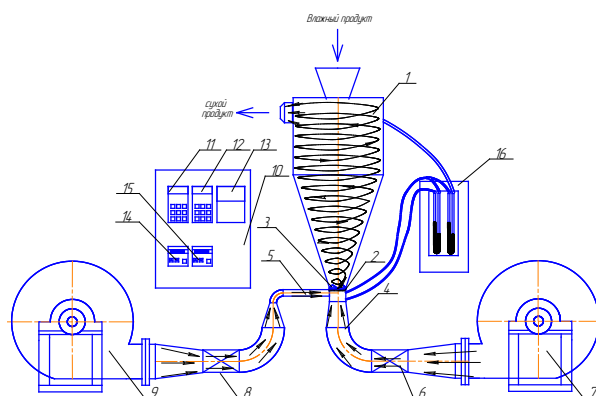


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки:

1 – сменная сушильная камера; 2 – завихритель; 3 – удерживающая решетка; 4 – осевой патрубок для подачи сушильного агента; 5 – тангенциальный патрубок для подачи сушильного агента; 6, 8 – калориферы; 7, 9 – вентиляторы; 10 – щит управления; 11, 12 – частотные преобразователи для регулирования подачи вентиляторов; 13 – электрический счетчик; 14, 15 – регуляторы температуры в калориферах; 16 – трубка пито

Удельная нагрузка на объем конической части сушильной камеры является функцией вида $G_{yo}^k = f(m, V_k)$ и определяется следующей зависимостью:

$$G_{yo}^k = \frac{m}{V_k}, \quad (1)$$

где m – масса загружаемого материала, кг; V_k – объем конической части сушильной камеры, m^3 .

$$V_k = \frac{1}{3} \pi \cdot H (R^2 + R \cdot r + r^2), \quad (2)$$

где R – внутренний диаметр цилиндрической части сушильной камеры, м; r – внутренний диаметр нижнего основания конуса, м; H – высота конической части сушильной камеры, м.

Учитывая (1-2), запишем, что:

$$G_{yo}^k = \frac{3 \cdot m}{\pi \cdot H (R^2 + R \cdot r + r^2)}. \quad (3)$$

Таким образом, видно, что G_{yo}^k зависит и от геометрических размеров сушильной камеры.

Из ранее проведенных экспериментальных исследований установлено, что изменение осевого расхода агента Q_{oc} , m^3/c , от удельной нагрузки на объем конической части сушильной камеры G_{yo}^k , $кг/м^3$, при прорыве и последующем образовании канала в слое ма-

териала связаны между собой следующей зависимостью (рисунок 2):

$$Q_{oc} = 294,33 + 7215,8 \cdot D^2 - 1652,8 \cdot D \quad (4)$$

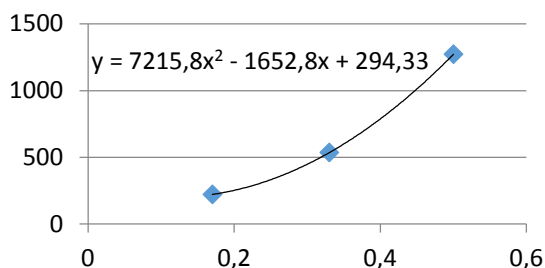


Рисунок 2. Зависимость осевого расхода агента Q_{oc} , м/с, от удельной нагрузки на объем конической части сушильной камеры, кг/м³

Для исследования и постановки опытов с целью определения оптимального режима сушки было применено центральное композиционное униформ-ротатабельное планирование и выбран полный факторный эксперимент.

На основании литературных данных из множества факторов, влияющих на процесс сушки, для исследования были выбраны следующие: температура T_{ca} сушильного агента, соотношение диаметров конической части корпуса D/d и расход Q_t тангенциально подводимого потока теплоносителя. От этих параметров зависит не только скорость сушки, но и качество высушиваемого материала. Изучая их взаимное влияние на процесс, можно выявить оптимальный режим сушки и оптимальную конструкцию камеры (рисунок 3).

Выбор критериев оценки у обусловлен их наибольшей значимостью для процесса сушки. Так y_1 – удельные энергозатраты на килограмм готовой продукции, определяет энергоемкость процесса и является одним из важных показателей, оценивающих его энергетическую эффек-

тивность, (кВт·ч)/кг; y_2 – напряжение объема сушильной камеры по испаренной влаге определяет производительность процесса, и напрямую связана с его скоростью, кг_{вл}/(м³·ч).

Все изучаемые факторы были совместимы и некоррелируемы между собой, а пределы их изменения приведены в таблице 1. Выбор интервалов изменения факторов обусловлен технологическими условиями процесса сушки гречихи и техническими характеристиками сушилки.

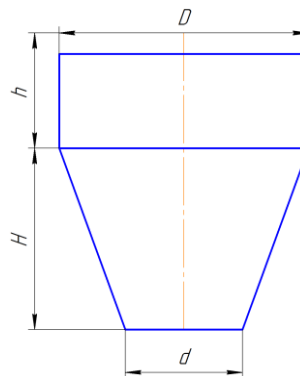


Рисунок 3. Схема сушильной камеры

Экспериментальная установка предусматривает наличие сменных конических вставок различного диаметра. Величины D , H и h во всех секциях остаются неизменными, $D=300$ мм, $H=200$ мм, $h=150$ мм.

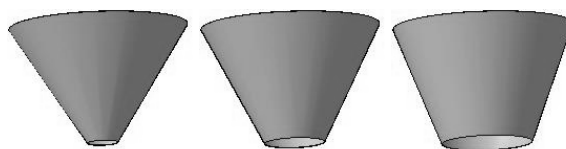


Рисунок 4. Сменные конические вставки

Т а б л и ц а 1

Условия планирования	Кодированное значение	Интервалы изменения факторов		
		Значение факторов в точках плана		
		x_1	x_2	x_3
Основной интервал	0	D/d	T_{ca}, K	$Q_t, м³/ч$
Интервал варьирования	Δ	0.33	358	31
Верхний уровень	+1	0.17	15	31.5
Нижний уровень	-1	0.43	373	78.
Верхняя «звездная точка»	+1,682	0.23	343	21.5
Нижняя «звездная точка»	-1,682	0.5	383	110
		0.17	333	4

Удельная нагрузка на объем конической части сушильной камеры во всех опытах являлась величиной постоянной = 25.2 кг/м³. Программа исследований была заложена в матрицу планирования (в данной статье не представлена).

После статистической обработки экспериментальных данных, с учетом значимости коэффициентов, получены уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс сушки гречихи под влиянием исследуемых факторов:

$$y_1 = 2,6 - 0,11x_1 - 0,09x_2 - 0,03x_3 - 0,04x_1^2 - 0,06x_2^2 - 0,03x_3^2 -$$

$$-0,06x_1x_2 - 0,03x_1x_3 - 0,08x_2x_3; \\ y_2 = 15,27 + 0,28x_1 + 0,75x_2 + 0,97x_3 - 0,68x_1^2 - 0,28x_2^2 - 0,36x_3^2 +$$

$$+0,27x_1x_2 + 0,11x_1x_3 + 0,37x_2x_3.$$

Анализ уравнения регрессии (5-6) позволяет выделить факторы, наиболее влияющие на рассматриваемый процесс сушки.

На удельные энергозатраты наибольшее влияние оказывает отношение d/D и температура сушильного агента, наименьшее – расход тангенциально подводимого потока. Степень влияния параметров относительно друг друга $b_1:b_3 = 1,458$, причем знак плюс перед коэффициентом при линейных членах указывает на то, что при увеличении входного параметра значение выходного параметра увеличивается, а знак минус – убывает.

На напряжение сушильной камеры по испаренной влаге наибольшее влияние оказывает отношение диаметров d/D и в меньшей степени – температура сушильного агента. Отношение коэффициентов, стоящих перед линейными членами, показывающих степень влияния параметров относительно друг друга, оказались равными: $b_3:b_1 = 1,117$.

Полученные уравнения (5-6) нелинейны. Таким образом, в результате выполнения 20-ти опытов получена информация о влиянии факторов и построена математическая модель процесса, позволяющая рассчитать удельные энергозатраты на 1 кг высушенного материала, напряжение сушильной камеры по испаренной влаге внутри выбранных интервалов варьирования входных факторов.

В условиях оптимального гидродинамического режима с использованием метода планирования эксперимента нами проведены исследования кинетики сушки и теплообмена зерна гречихи в аппарате с закрученным потоком теплоносителя (рисунок 1). Согласно полученным зависимостям можно найти время сушки, соответствующее определенной влажности W .

Влияние температуры теплоносителя на кинетику сушки гречихи в сушилке с закрученными потоками теплоносителя представлено на рисунке 5.

Полученные кривые свидетельствуют о том, что температура теплоносителя является одним из наиболее существенных факторов, влияющих на скорость сушки семян. Следует отметить, что температура теплоносителя оказывает влияние на соотношения периодов постоянной и убывающей скоростей сушки. С по-

вышением температуры наблюдается снижение критической влажности. Это объясняется тем, что увеличение температуры интенсифицирует внутреннюю диффузию влаги, а также увеличением доли связанной влаги, испарение которой происходит в первый период сушки.

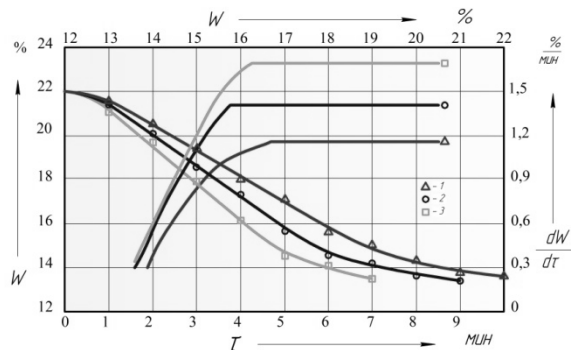


Рисунок 5. Кривые сушки и скорости сушки гречихи:

1 – $D/d=0,33$, $T_{ca}=338$ K, $Q\tau=31$ м³ / ч

2 – $D/d=0,33$, $T_{ca}=358$ K, $Q\tau=31$ м³ / ч ;

3 – $D/d=0,33$, $T_{ca}=383$ K, $Q\tau=31$ м³ / ч

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

Влияние отношения D/d сушильной камеры на кинетику сушки гречихи в сушилке с закрученными потоками теплоносителя представлено на рисунке 6.

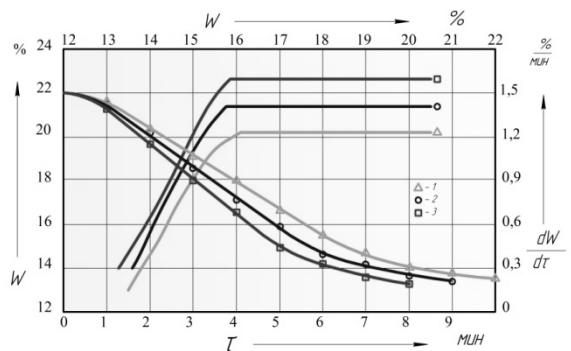


Рисунок 6. Кривые сушки и скорости сушки гречихи:

1 – $D/d=0,5$, $T_{ca}=358$ K, $Q\tau=31$ м³ / ч

2 – $D/d=0,33$, $T_{ca}=358$ K, $Q\tau=31$ м³ / ч ;

3 – $D/d=0,17$, $T_{ca}=358$ K, $Q\tau=31$ м³ / ч

Полученные кривые свидетельствуют о том, что соотношение диаметров конической части корпуса в сушилке с закрученными потоками оказывает существенное влияние на скорость сушки гречихи. Анализ кривых показывает, что в начале процесса, когда влажность материала уменьшается по кривой, имеет место кратковременная стадия прогрева ма-

териала. Продолжительность этой стадии зависит от высоты слоя продукта (чем меньше соотношение, тем выше высота слоя).

Влияние тангенциального расхода теплоносителя на кинетику сушки гречихи в сушилке с закрученными потоками теплоносителя представлено на рисунке 7.

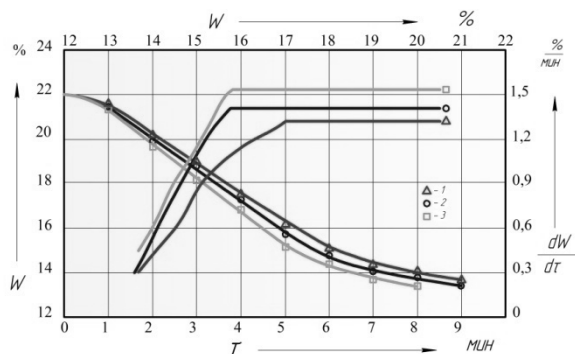


Рисунок 7. Кривые сушки и скорости сушки гречихи:

- 1 – $D/d=0.33$, $T_{ca}=358$ К, $Q\tau=4$ $\text{м}^3/\text{ч}$
- 2 – $D/d=0.33$, $T_{ca}=358$ К, $Q\tau=31$ $\text{м}^3/\text{ч}$;
- 3 – $D/d=0.33$, $T_{ca}=358$ К, $Q\tau=110$ $\text{м}^3/\text{ч}$

Из графика видно, что величина тангенциального расхода теплоносителя в незначительной степени влияет на изменение скорости влагоудаления по отношению к другим факторам.

Установлено, что скорость сушки гречихи в начале процесса резко увеличивается,

(период прогрева), достигает максимального значения и остается постоянной (первый период). Когда влажность продукта достигнет первой критической точки, скорость сушки уменьшается по кривой, обращенной выпуклостью к оси ординат. Для такой формы кривой первая ее часть (читая график, справа налево) соответствует перемещению капиллярной влаги при решающем влиянии коэффициента диффузии, а вторая часть – адсорбционно-связанной. Вторая критическая точка (точка перегиба кривой скорости сушки) соответствует границе адсорбционной и капиллярной влаги.

На основании экспериментальных данных установлены кинетические закономерности процесса сушки гречихи в аппарате с закрученными потоками теплоносителя. По результатам планирования эксперимента и статистической обработки экспериментальных данных была получена статистическая математическая модель, адекватно описывающая процесс сушки гречихи в аппарате с закрученными потоками теплоносителя и установлено влияние различных факторов на кинетику процесса сушки. Результаты будут полезны широкому кругу специалистов, занимающихся сушкой гречихи, а также для расчета и проектирования современных сушильных установок.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Антипов С. Т., Журавлев А.В., Бородкина А.В., Баранов А.Ю. Исследование форм связи влаги семян гречихи методом термического анализа // Вестник ВГУИТ. 2013. № 2. С. 25-28.
- 2 Антипов С. Т., Прибытков А.В., Журавлев А.В. Установки для сушки высоковлажных полидисперсных вторичных материальных ресурсов пищевой промышленности // Инженер, технолог, рабочий. 2005. № 12. С. 7 – 11.
- 3 Антипов С. Т., Казарцев Д.А., Журавлев А.В., Е.С. Бунин и др. Новые технические решения в технике сушки дисперсных материалов // Техника машиностроения. 2009. № 1. С. 55-58.
- 4 Журавлев А.В., Бородкина А.В., Баранов А.Ю. Разработка высокоинтенсивной сушилки с регулируемым закрученным потоком теплоносителя // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4. С. 47-50.
- 5 Пат. 2480693 Российская Федерация, МКИ7 F26B 17/10. Сушилка с регулируемым закрученным потоком теплоносителя / Антипов С.Т., Журавлев А.В., Казарцев Д.А., Баранов А.Ю.; заявитель и патентообладатель: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Воронежская государственная технологическая академия №2011113204/06; Заявл. 05.04.2011; Оpubл. 27.04.2013.

REFERENCES

- 1 Antipov S.T., Zhuravlev A.V., Borodkina A.V., Baranov A.Iu. Study forms of moisture binding buckwheat seeds by thermal analysis. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 2, pp. 25-28.
- 2 Antipov S.T., Pribytkov A.V., Zhuravlev A.V. Systems for drying high moisture polydisperse secondary material resources food industry. *Inzhener, tekhnolog, rabochii*. [Engineer, technologist, working], 2005, no. 12, pp. 7-11.
- 3 Antipov S.T., Kazartsev D.A., Zhuravlev A.V., Bunin E.S. et al New technical solutions in the art drying of dispersed materials. *Tekhnika mashinostroeniia*. [Technology engineering], 2009, no. 1, pp. 55 - 58.
- 4 Zhuravlev A.V., Borodkina A.V., Baranov A.Iu. Development of high-intensity dryer with adjustable twisted coolant flow. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013. no. 4, pp. 47-50.
- 5 Antipov S.T., Zhuravlev A.V. Kazartsev D.A., Baranov A.Y. Sushilka s reguliruemym zakruchennym potokom teponositelia [Dryer with adjustable twisted coolant flow]. Pat. RF no. 2480693, 2013.

УДК 664.951.31

Зав. кафедрой В.А. Похольченко

(Мурманский гос. техн. университет) кафедра технологического и холодильного оборудования,
тел. (8152) 40-32-82

E-mail: pokholchenkova@mstu.edu.ru

главн. научн. сотр. А.М. Ершов, ст. научн. сотр. М.А. Ершов

(Мурманский гос. техн. университет) кафедра технологии пищевых производств,
тел. (8152) 40-33-26

E-mail: ershovma@mstu.edu.ru

Head of the department V.A. Pokholchenko

(Murmansk, Russia. State Technical University) Department of processing and refrigerating appliances,
phone (8152) 40-32-82

E-mail: pokholchenkova@mstu.edu.ru

CSO A.M. Ershov, Senior Scientist M.A. Ershov

(Murmansk, Russia. State Technical University) Department of technology of food manufactures.
phone (8152) 40-33-26

E-mail: ershovma@mstu.edu.ru

Кинетика процессов обезвоживания и нагрева рыбы при обжаривании, полугорячем и горячем копчении

Kinetics processes of dehydration and heating fish during frying, during semi hot and hot smoking.

Реферат. Разработаны расчетные методы построения кривых кинетики обезвоживания и нагрева рыбы для процессов обжаривания, полугорячего и горячего копчения. Предлагаемые методы расчета основываются на общих закономерностях тепло-массообмена данных процессов. На основе изучения закономерностей обезвоживания на кривых кинетики выявлены критические точки, характеризующие переход от удаления влаги с меньшей энергией ее связи с материалом к удалению таковой с большей энергией связи, а также влияние усадки продукта на скорость удаления влаги. Эти критические точки характерны и для температурных кривых. Предложено температурную кривую заменить ломаной линией, состоящей из трех прямых, пересекающихся в точках, соответствующих критическим влажностям и критическим температурам. Значительное количество опытного материала по исследованию закономерностей кинетики обезвоживания и нагрева рыбы при различных режимах авторами представлено в виде обобщенных зависимостей. Методика позволяет моделировать процессы нагрева и обезвоживания рыбы и на основе расчетных данных осуществлять выбор наиболее рациональных режимов. Предложенная методика дает возможность расчетным путем строить кривые кинетики нагрева и кинетики обезвоживания в процессах обжаривания, полугорячего и горячего копчения рыбы, что позволяет оптимизировать тот или иной процесс, проектировать более эффективные с точки зрения расхода сырья и энергии технологии, а также создавать более совершенные аппараты или модернизировать существующее оборудование с учетом взаимосвязи тепловых и массообменных процессов.

Summary. Calculated methods of graphing of curves for kinetics of dehydration and fish heating during the processes of frying, semi hot smoking and hot smoking have been developed. The offered methods of calculating are based on the basic regularities of heat and mass exchanges of these processes. Based on the research of the regularities of dehydration on the kinetic curves, critical points were identified, that characterize the transition from the moisture removal with lower energy of its bond with material to the removal of one with higher energy bond, also the influence of the product shrinkage on the velocity of the moisture removal. These points are characteristic for the temperature curves as well. It's suggested for the temperature curve to be replaced by broken line that consists of three straight lines that are crossing in points, corresponded with the critical moistures and critical temperatures. Significant amount of the experimental material of the research of the kinetics of dehydration and fish heating under different modes is shown by authors in the form of generalized dependencies. The method allows modeling the processes of heating and dehydrating of fish and choosing the most rational modes based on the calculated data. The proposed technique makes it possible to construct the curves of the kinetics of heating and dehydration kinetics in processes of roasting, semi hot and hot smoked fish, which allows to optimize a particular process, design more efficient in terms of consumption of raw materials and energy technology, as well as to create better machines or upgrade existing equipment into account the relationship of heat and mass transfer processes.

Ключевые слова: кинетика нагрева и обезвоживания, обжаривание, полугорячее, горячее копчение, критические точки, методика расчета.

Keywords: heating and dehydration kinetics, frying, semi-hot, hot smoking, critical points, calculation procedure.

© Похольченко В.А., Ершов А.М., Ершов М.А., 2014

Процесс обжаривания среди процессов изготовления пищевых продуктов считается высокотемпературным процессом. Вместе с нагреванием и обезвоживанием рыбы протекает ряд сложных явлений: денатурация и коагуляция белков, впитывание растительного масла, потеря жира и т.п. При этом изменяется поровая структура продукта. Изменение внутренних свойств материала под действием высоких температур влияет и на диффузионные свойства.

Процессы полугорячего и горячего копчения продуктов от холодного копчения отличаются более высокими температурными режимами.

Закономерности процесса удаления влаги из рыбы аналогичны как при холодной сушке (при вялении и холодном копчении температура теплоносителя t от 17 до 37 °С), так и при полугорячем (t от 40 до 100 °С), горячем (t более 100 °С) или обжаривании рыбы в растительном масле (t от 130 до 180 °С).

Во всех случаях на кривых кинетики обезвоживания наблюдаются критические точки K_1 и K_2 , соответствующие критическим влажностям ω_{K1} и ω_{K2} . Критические влажности возникают при переходе от удаления влаги с меньшей энергией связи к удалению влаги с большей энергией связи.

В основном, в указанных выше процессах, удаляются следующие виды влаги: влага, удерживаемая силами поверхностного натяжения, влага макрокапилляров, осмотически связанная влага и влага микрокапилляров. Первые три вида влаги удаляются до первой критической точки. Однако в процессе обезвоживания рыбы происходит усадка продукта. Микрокапилляры могут уменьшаться в диаметре, особенно в поверхностных слоях, в 2-8 раз. Поэтому и возникает на кривой кинетики обезвоживания вторая критическая точка при удалении микрокапиллярной влаги. Такое явление не характерно для классических капиллярно-пористых коллоидных тел. Влияние уменьшения размеров капилляров на скорость процесса обезвоживания наиболее сильно сказывается при холодном копчении и вялении рыбы. Естественно, изменяются и диффузионные свойства ее. Коэффициенты при теплопроводности массопереноса также уменьшаются [1].

Продолжительность указанных выше процессов зависит от химического состава, геометрических размеров рыбы и режимных параметров воздействующей на продукт среды.

К основному параметру, учитывающему химический состав рыбы, относят начальную влажность рыбы (ω^0_0). Геометрические разме-

ры тела объективно характеризует удельная поверхность рыбы (S/m). К режимным параметрам относят температуру воздействующей среды (t), относительную влажность ее (ϕ), скорость движения (v) относительно продукта.

В процессах обезвоживания рыбы принято режимные параметры $\bar{t}$ и $\bar{\phi}$ (соответственно средняя температура и относительная влажность в камере) объединять в один, который назван жесткостью режима [2]

$X_p = \bar{t}(1 - \bar{\phi}/100)$, а влияние скорости (v), воздействующей на продукт среды, относящейся к режимным параметрам, учитывать отдельно. Это вызвано тем, что в некоторых случаях влиянием скорости (v) на интенсивность процессов обезвоживания можно пренебречь.

В процессах тепловой обработки рыбы, таких как полугорячее, горячее копчение и обжаривание требуется знать, как изменяется среднеобъемная температура тела. Знание конечной среднеобъемной температуры необходимо при конструировании тепловых аппаратов.

В процессе эксплуатации тепловых аппаратов при переходе с обработки одного вида рыбы на другой необходимо также рассчитывать продолжительность обработки до кулинарной готовности рыбы для того, чтобы обеспечить оптимальные условия ведения технологического процесса. Поэтому является актуальной разработка методики расчета изменения среднеобъемной температуры рыбы в зависимости от химического состава, геометрических размеров тела и режимных параметров.

Изменение температуры тела t взаимосвязано с изменением влажности его в процессе термической обработки. Поэтому изучение процесса нагревания тел при их обезвоживании изучают, как правило, на основе кривой, которую строят в координатах [3] t и ω (рисунок 1).

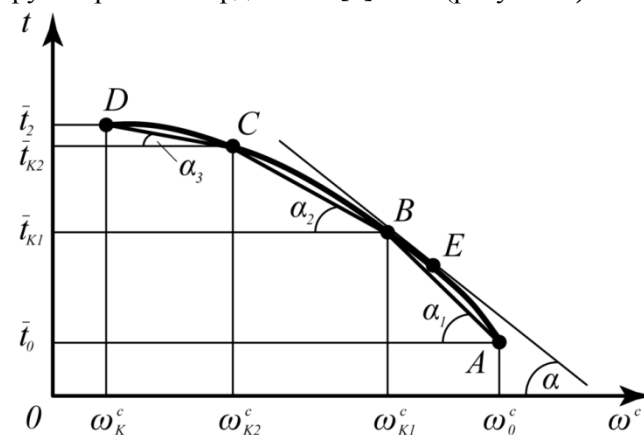


Рисунок 1. Кривая (ABCD) кинетики нагревания рыбы

Кривую ABCD называют также температурной кривой. Тангенс угла наклона касательной к температурной кривой, представленного так, как показано на рисунке 1, в точке E называют температурным коэффициентом и обозначают b (град / %). Температурный коэффициент характеризует скорость нагрева продукта, следовательно, он должен также зависеть от химического состава тела, его геометрических размеров и режимных параметров.

Представим температурную кривую ABCD ломаной линией, состоящей из трех прямых: AB; BC; CD. Тогда температурные коэффициенты прямых можно записать следующим образом: $b_1 = tg \alpha_1$, $b_2 = tg \alpha_2$, $b_3 = tg \alpha_3$.

Температурные коэффициенты b_1 , b_2 , b_3 прямых также будут зависеть от химического состава, геометрических размеров рыбы и режимных параметров, как и коэффициенты b температурной кривой (рисунок 1).

Кривую ABCD, состоящую из трех прямых, можно описать тремя уравнениями:

$$t_{k1} = t_0 - b_1 (\omega_{k1} - \omega_0) \quad (1)$$

$$t_{k2} = t_1 - b_2 (\omega_{k2} - \omega_{k1}) \quad (2)$$

$$t_2 = t_{k2} - b_3 (\omega_k - \omega_{k2}) \quad (3)$$

здесь t_{k1} , t_{k2} , - температуры продукта, соответствующие первой и второй критическим влажностям ω_{k1} , ω_{k2} ; t_0 , t_2 - начальная и конечная температуры; ω_k - конечная влажность продукта.

Здесь и далее влажности ω_0 , ω_{k1} , ω_{k2} или ω рассчитываются в процентах на сухую массу продукта.

Первая критическая ω_{k1} , %, и вторая критическая ω_{k2} , %, влажности зависят от начальной влажности ω_0 , %, следующим образом:

$$\omega_{k1} = 1,069 \omega_0^{0,969}; \quad (4)$$

$$\omega_{k2} = 0,784 \omega_0 + 2. \quad (5)$$

Температурные коэффициенты в процессах обжаривания рыбы погружением в масло могут быть найдены из следующих выражений [4]:

$$b_1 = 0,909 + 0,47 (\tau_{k1} - 1,5) + 0,215 (\tau_{k1} - 1,5) (\tau_{k1} - 2); \quad (6)$$

$$b_2 = 0,59 + 0,1033 (\tau_{k1} - 1,1); \quad (7)$$

$$b_3 = 0,578 \tau_{k1}^{-0,678}. \quad (8)$$

Температурные коэффициенты в процессах полугорячего и горячего копчения находят из следующих выражений:

$$b_1 = 2,579 \cdot 0,736^{\tau_{k1}}; \quad (9)$$

$$b_2 = 1,877 \cdot 0,740^{\tau_{k1}}; \quad (10)$$

$$b_3 = 0,095 \cdot \exp \left(\frac{3,447}{\tau_{k1}} \right). \quad (11)$$

В уравнениях (6)-(11): τ_{k1} - продолжительность обезвоживания от начальной влажности ω_0 до первой критической влажности ω_{k1} , мин.; τ_{k2} - продолжительность обезвоживания от первой критической влажности ω_{k1} до второй критической влажности ω_{k2} , мин.

Предел применения уравнений (6) - (8):

$$1,1 \text{ мин.} \leq \tau_{k1} \leq 2,5 \text{ мин.}$$

Предел применения уравнений (9) - (11):

$$2,7 \text{ мин.} \leq \tau_{k1} \leq 7,3 \text{ мин.}$$

Продолжительность обезвоживания τ_{k1} в первый период (период постоянной скорости обезвоживания) находится из выражения:

$$\tau_{k1} = \frac{\omega_0 - \omega_{k1}}{N}, \quad (12)$$

где N - скорость обезвоживания в первый период, %/мин.

Для процессов обжаривания рыбы погружением в масло, полугорячего и горячего копчения N находим из выражений:

а) обжаривание:

$$N = -36,6 + 0,18 \omega_0 + 63,5 (S / m - 0,171) + 0,67 (T_M - 423), \quad (13)$$

где ω_0 - начальная влажность рыбы на сухую массу, %; S/m - удельная поверхность рыбы, м²/кг; T_M - температура масла при обжаривании, К.

Пределы применения уравнения (13):

$$230 \leq \omega_0 \leq 430 \text{ \%}; 0,12 \leq S / m \leq 0,234 \text{ м}^2/\text{кг};$$

$$403 \leq T_M \leq 463 \text{ К};$$

б) полугорячее и горячее копчение:

1) для жирных видов рыб:

$$N = 1,0 + 0,016 (\omega_0 - 180) + 24,2 (S/m - 0,185) + 0,131 (X_p - 30) + 0,350 (v - 2,0); \quad (14)$$

2) для рыб средней жирности и тощих:

$$N = 2,9 + 0,016 (\omega_0 - 300) + 24,2 (S/m - 0,185) + 0,131 (X_p - 30) + 0,350 (v - 2,0), \quad (15)$$

где v - скорость сушильного агента, м/с. Остальные значения известны.

Пределы применимости уравнений (14) и (15) для определения N при обезвоживании жирных видов рыб:

$$180 \leq \omega_0 \leq 300 \text{ \%}; 0,19 \leq S / m \leq 0,34 \text{ м}^2/\text{кг};$$

$$30,25 \leq X_p \leq 52,50; 2 \leq v \leq 10 \text{ м/с.}$$

Пределы применимости уравнений (14) и (15) для определения N при обезвоживании рыб средней жирности и тощих:

$$301 \leq \omega_0 \leq 485 \% ; 0,19 \leq S / m \leq 0,34 \text{ м}^2/\text{кг}; \\ 30,25 \leq X_p \leq 52,50 ; 2 \leq v \leq 10 \text{ м/с}.$$

Продолжительность обезвоживания τ_{k2} от ω_{k1} до ω_{k2} при обжаривании находим из следующего выражения [2]:

$$\tau_{k2} = \tau_{k1} \exp \left(\frac{1}{0,098} \left(0,982 - \frac{\omega_{k2}}{\omega_{k1}} \right) \right). \quad (16)$$

Кривую кинетики обезвоживания в процессах обжаривания можно получить, используя выражение:

$$\tau = \tau_{k1} + \left(\tau_{k1} \cdot \tau_{k2} \exp \left(\frac{1}{b} \left(a - \frac{\omega}{\omega_{k1}} \right) \right) \right)^{0,5}, \quad (17)$$

где ω – любое текущее значение влажности, %; τ – продолжительность достижения текущего значения влажности.

Кривую кинетики обезвоживания при полугорячем и горячем копчении можно найти из выражения:

$$\tau = \left[\tau_{k1} \tau_{k2} \cdot \exp \left(3,97 - 3,88 \left(\frac{\omega}{\omega_{k1}} \cdot \frac{\omega}{\omega_{k2}} \right)^2 \right) \right]^{0,5}, \quad (18)$$

Продолжительность обезвоживания τ_{k2} в процессе горячего и полугорячего копчения от первой критической влажности ω_{k1} до второй критической влажности ω_{k2} можно получить, используя следующее выражение:

$$\tau_{k2} = \frac{\tau_{k1}}{\exp \left[3,97 - 3,88 \left(\omega_{k1} / \omega_{k2} \right)^2 \right]}. \quad (19)$$

Таким образом, представленные выше зависимости позволяют построить кривую кинетики нагрева (рисунок 1), не проводя экспериментов, зная химический состав рыбы, ее удельную поверхность и задаваясь конкретными значениями режимных параметров.

На основе полученных данных по значениям t и ω в точках А, В, С и Д можно найти математическое описание температурной кривой, например, используя интерполяционную формулу Лагранжа [2].

Относительная погрешность замены кривой ABCD ломаной линией, состоящей из трех прямых с последующим математическим описанием кривой с помощью интерполяционной формулы Лагранжа не превышает 10 %.

Методика расчета кривых кинетики обезвоживания и нагревания рыбы в процессах обжаривания, полугорячего и горячего копчения:

2.1. Определяют начальную влажность на сухую массу рыбного сырья или задаются ее

значением. Измеряют удельную поверхность рыбы. Затем задаются режимными параметрами.

2.2. По формулам (4), (5) находят критические влажности ω_{k1} , ω_{k2} .

2.3. Используя выражения (13), (14), (15) в зависимости от того или иного процесса (обжаривание, полугорячее и горячее копчение), рассчитывают значение N .

2.4. Затем определяют продолжительность обезвоживания в первый период τ_{k1} из выражения (12) и продолжительность обезвоживания τ_{k2} от первой критической влажности до второй критической влажности из выражений (16) или (19).

2.5. Рассчитывают температурные коэффициенты b_1 , b_2 , b_3 из уравнений (6), (7), (8) или (9), (10), (11) в зависимости от того или иного процесса обработки рыбы.

2.6. Используя выражения (17) или (18), определяют зависимость $\omega = f(\tau)$ и находят конечную влажность ω_k продукта и, соответственно, продолжительность всего процесса τ_k , на основе потерь влаги согласно технологическим требованиям. Например, потери массы при производстве полуфабриката из обжаренной рыбы для консервов составляют $x = (14-17) \%$, а копченого полуфабриката для консервов «Рыбы копченая в масле» - $x = (20-30) \%$. Тогда конечная влажность на общую массу будет равна $\omega_k^o = \frac{\omega_0^o - x}{1 - x/100}, \%$.

При производстве кулинарных изделий из обжаренной и копченой рыбы кулинарная готовность наступает при температуре в центре рыбы $t_u = (75-80)^\circ\text{C}$. Тогда среднеобъемная конечная температура рыбы будет равна:

$$t_2 = t_u + \Pi(t_u - t_n),$$

где t_n - температура на поверхности рыбы; Π – постоянный коэффициент ($\Pi=1/3$ – для пластины, $\Pi=1/2$ – для шара, $\Pi=3/5$ – для шара).

В процессах обжаривания в масле у жирной рыбы $t_n \approx 120^\circ\text{C}$, у рыб средней жирности $t_n \approx 110^\circ\text{C}$, у тощих видов рыб $t_n \approx 100^\circ\text{C}$.

По среднеобъемной температуре можно рассчитать конечную влажность рыбы из выражения (3):

$$\omega_k = \omega_{k2} - \frac{t_2 - t_{k2}}{b_3}$$

2.7. На основе уравнений (1)-(3) строят температурную кривую $t = f(\omega)$, затем, используя зависимость $\omega = \psi(\tau)$, находится и зависимость $t = f(\tau)$.

Предложенная методика дает возможность расчетным путем строить кривые кинетики нагрева и кинетики обезвоживания в процессах обжаривания, полугорячего и горячего копчения рыбы, что позволяет оптимизировать тот или иной процесс, проекти-

ровать более эффективные с точки зрения расхода сырья и энергии технологии, а также создавать более совершенные аппараты или модернизировать существующее оборудование с учетом взаимосвязи тепловых и массо-обменных процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Глазунов Ю.Т. и др. Элементы теории «пунктирного» обезвоживания в процессах холодного копчения и вяления рыбы // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15. № 1. С. 15–20.

2 Глазунов Ю.Т., Ершов А.М., Ершов М.А. Моделирование процессов пищевых производств : учеб. пособие для вузов. М.: Колос, 2008. 358 с.

3 Глазунов Ю.Т., Ершов А.М., Ершов М.А., Похольченко В.А. Процессы сушки, копчения, вяления рыбы и их аппаратное оформление. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2013. 220 с.

4 Артюхова С.А., под ред. Ершова А.М. Технология рыбы и рыбных продуктов : учебник для вузов. М.: Колос, 2010. 1064 с.

REFERENCES

1 Glazunov U.T. et al. Elements of the theory of "dotted" in the processes of dehydration and cold-smoked fish drying. *Trudy MGTU «Vestnik MGTU»*. [Proc. of the MSTU «Bulletin of MSTU»], 2012, vol. 15, no. 1, pp. 15-20. (In Russ.).

2 Glazunov U.T., Ershov A.M., Ershov M.A. *Modelirovanie protsessov pishchevykh proizvodstv* [Modelling of processes of food production]. Moscow, Kolos, 2008. 358 p. (In Russ.).

3 Glazunov U.T., Ershov A.M., Ershov M.A., Pokhol'chenko V.A. *Protsessy sushki, kopcheniia, vialeniiia ryby i ikh apparaturnoe oformlenie* [Processes of drying, smoking of fish and their hardware design]. Kaliningrad, Izdatel'stvo «KGTU», 2013. 220 p. (In Russ.).

4 Artiukhova S.A., Ershova A.M. *Tekhnologiiia ryby i rybnykh produktov* [Technology of fish and fish products]. Moscow, Kolos, 2010. 1064 p. (In Russ.).

УДК 66.061

Аспирант С.С. Иванов, профессор Ю.И. Шишацкий,
инженер С.Ю. Плюха

(Воронеж. гос. ун. инж. техн.) кафедра промышленной энергетики,
тел. (473) 279-98-22
E-mail: d.pluxa@yandex.ru

Graduate S.S. Ivanov, professor Iu.I. Shishatski,
engineer S.Iu. Pliukha

(Voronezh state university of engineering technology) Department of industrial energetic.
phone. (473) 279-98-22
E-mail: d.pluxa@yandex.ru

Кинетика извлечения экстрактивных веществ из люпина с различной геометрической формой

Kinetics of extraction of extractive substances from a lupine with various geometrical form

Реферат. Обоснована актуальность темы и определены основные направления исследований. Сформулирована задача исследования – предсказать темп снижения массосодержания твёрдой фазы и установить функциональную связь концентрации экстракта со временем. Проанализированы соя и люпин, как источники ценных питательных компонентов. Убедительно показаны недостатки сои, химические компоненты которой являются ингибиторами ряда пищеварительных ферментов, таких как пепсин и химотрипсин. Углеводная фракция сои богата олигосахаридами, вызывающими кишечный метеоризм. Поэтому актуален вопрос о замене сои перспективной зернобобовой культурой – люпином, лишённой недостатков, присущих сое. Представлен состав и физико-химические свойства подсырной сыворотки. Получена методика расчёта средних размеров частиц сырья имеющих геометрическую форму шара, цилиндра и неограниченной пластины. Приведены результаты исследования кинетики экстрагирования из люпина при различной геометрической форме сырья. Определена предпочтительная форма тела при истощающем протекании процесса экстрагирования сырья в виде пластины. В то же время, другие геометрические формы не отрицаются, поскольку форма крупки, например, более технологична в изготовлении. Детально описаны графические зависимости и выполнен анализ полученных данных. Возможно использование композиции – молочно-растительного экстракта в различных отраслях промышленности и, в частности, в молочной для получения молочнокислых продуктов. Продолжением работы является определение коэффициентов молекулярной диффузии, построение математических моделей с использованием полученных экстракционных зависимостей, а также программное обеспечение процесса. Этот материал, при его совокупном анализе, даёт возможность выбрать аппаратно-технологическое оформление процесса экстрагирования, которое обеспечит максимальное извлечение из люпина целевого компонента при минимальных энергозатратах.

Summary. Relevance of a subject is proved and the main directions of researches are defined. The research problem is formulated – to predict rate of decrease in a mass-containing a firm phase and to establish functional connection of concentration of extract over time. Soy and lupine, as sources of valuable nutritious components are analysed. The soy shortcomings which chemical components are inhibitors of a number of digestive enzymes, such as pepsin and chymotrypsin are convincingly shown. The carbohydrate fraction of soy is rich with the oligosaccharides causing an intestinal meteorism. Therefore topical issue about replacement of soy with perspective leguminous culture – the lupine, deprived of the shortcomings inherent in soy. The structure and physical and chemical properties of subcheese serum is presented. The method of calculation of the average sizes of particles of raw materials of a sphere having a geometrical form, the cylinder and an unlimited plate is received. Results of research of kinetics of extraction from a lupine are given at various geometrical form of raw materials. The preferable shape of a body is defined at exhausting course of process of extraction of raw materials in the form of a plate. At the same time, other geometrical forms aren't denied as the form of crumbled, for example, is more technological in production. Graphic dependences are in details described and the analysis of the obtained data is made. Composition use – dairy plant extract in various industries and, in particular, in dairy for receiving lactic products is offered. Further work is determination of coefficients of molecular diffusion, creation of mathematical models with use of the received extraction dependences, and also the process software. This material, in its cumulative analysis, gives the chance to choose hardware and technological registration of process of extraction which will provide the maximum extraction from a lupine of a target component at the minimum energy consumption.

Ключевые слова: экстрагирование, выход экстрактивных веществ, геометрическая форма люпина

Keywords: extracting, output of extractive substances, the geometric shape of lupine

© Иванов С.С., Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю., 2014

Экстрагирование – сложный массо-обменный процесс, издавна применяемый для извлечения ценных компонентов из твёрдых пористых материалов с помощью растворителей. Сложность и скорость процесса в системе твёрдое тело-жидкость объясняется большим числом факторов, которые трудно поддаются обобщению и анализу. К числу таких факторов относятся, в частности, размер, форма частиц и вид слоя, который они образуют (подвижный, неподвижный, псевдооживленный) [1].

Извлекаемый компонент может находиться в капиллярнопористом материале в жидком или твёрдом состоянии. Материал может быть инертным носителем целевого компонента либо взаимодействовать с ним, удерживать за счёт адсорбции, а также электрических или других сил. Растворитель может иметь различную избирательную способность по отношению к компонентам, содержащимся в твёрдой фазе. Наконец, структура капиллярнопористого материала (или упругой клеточной растительной ткани) оказывает различное сопротивление процессу извлечения. Кроме того, на механизм процесса экстрагирования оказывают влияние условия равновесия и кинетика. Если условия равновесия характеризуются достижением равенства концентрации извлекаемого компонента в растворе и концентрации насыщения, и зависят от физико-химических свойств растворителя и целевого компонента, а также от температуры и давления, то кинетика определяет закономерности скорости экстрагирования и, в итоге, производительность экстракционного оборудования.

Задача нашего исследования – предсказать темп снижения массосодержания твёрдой фазы и установить функциональную связь концентрации экстракта со временем.

Среди известных источников растительного белка традиционным продуктом считаются соя, а также белковые препараты на её основе. Они нашли широкое применение для получения различных пищевых продуктов. Однако некоторые химические компоненты сои являются ингибиторами ряда пищеварительных ферментов, таких как пепсин и химотрипсин. Углеводная фракция сои богата олигосахаридами, вызывающими кишечный метеоризм. Поэтому актуален вопрос о замене сои перспективной зернобобовой культурой – люпином, лишённой недостатков, присущих сое. Люпин – единственная альтернативная культура сое.

Объектом исследования являлся люпин – сырьё растительного происхождения, прошедший термообработку, в результате которой обеспечивается переход балластных некрахма-

листых полисахаридов в полезные высокопитательные вещества. Значительное содержание в люпине, в частности, белка (его массовая доля составляет 34,1...43,1 %), который по питательной ценности практически равнозначен соевому и значительно ниже по цене, открывает широкие возможности для использования люпина в различных отраслях пищевой промышленности, а также для кормовых целей.

Белок – это основа формирования жизни, биологического разума, просвещения и инноваций.

Привлекательность люпина для России обусловлена тем, что его можно выращивать без ограничений по почвенным и климатическим условиям.

Превалирующими фракциями углеводного комплекса являются сахароза, стахиоза, водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества, целлюлоза и крахмал. Современные сорта люпина характеризуются минимальным содержанием алколоидов, что позволяет применять эти сорта в пищевой промышленности. Семена люпина имеют богатый состав витаминов, содержат 11 минеральных веществ, полный набор аминокислот, включая все независимые. Так, значительная доля глутаминовой и аспарагиновой кислот позволяет улучшить качество молочных продуктов, поскольку именно эти аминокислоты – известные вкусообразователи.

В качестве экстрагента использовалась подсырная сыворотка, имеющая в своём составе до 6 % СВ (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Состав и физико-химические свойства подсырной сыворотки (в обобщённом виде)

Наименование показателя	Натуральная подсырная сыворотка
Массовая доля сухих веществ, %, в том числе	5,6...6,0
Массовая доля лактозы, %	3,9
Массовая доля жира, %	0,2
Массовая доля белковых веществ, %	0,8
Массовая доля минеральных веществ, %	0,7
Титруемая кислотность, °Т	15

Перед экстрагированием люпин при-давалась форма шара, цилиндра и пластины. Средний размер частиц крупки (шара) определялся ситовым способом [5], а также рассчитывался по формуле:

$$d_{cp} = \frac{100}{\sum \frac{\Delta i}{d_i}}, \quad (1)$$

где d_{cp} – средний размер крупки, мм; Δi – количество фракций, %; d_i – размер частицы, мм.

Средние размеры частиц в форме цилиндра и пластины находились измерением с помощью микрометра и рассчитывались по формуле (1) для цилиндра (где d_{cp} – средний диаметр цилиндра) и по формуле (2) для пластины:

$$\delta_{cp} = \frac{100}{\sum \frac{\Delta i}{\delta i}}, \quad (2)$$

где δ_{cp} – средняя толщина пластины, мм;
 δi – размер частицы, мм.

Средние размеры тел: шар $d_{cp} = 1$ мм;
 цилиндр $d_{cp} = 1$ мм; пластина $\delta_{cp} = 1$ мм.

Частицы с одинаковой геометрической формой и сыворотка загружались в экстрактор и содержимое перемешивалось. Массовая доля белков в люпине и подсырной сыворотке составляла соответственно 35,4 и 5,6 % СВ.

Через заданные промежутки времени отбирались пробы экстракта на анализ. Температура в экстракторе составляла 50 °С.

Текущая концентрация экстрактивных веществ в твёрдой фазе (г/г, с последующим пересчётом в % сухого вещества) находилась, используя уравнение материального баланса

$$M_m \cdot (C_0 - \bar{C}) = M_{жс} \cdot C_1, \quad (3)$$

где $M_m, M_{жс}$ – масса сухого сырья и экстрагента, г; C_0 – начальная концентрация экстрактивных веществ в твёрдой фазе, г/г; $\bar{C}$ – текущая концентрация экстрактивных веществ в твёрдой фазе, г/г; C_1 – текущая концентрация экстрактивных веществ в жидкой фазе, г/г.

Результаты экспериментов представлены рисунками 1-3 и таблицей 2 (при $t = 50$ °С).

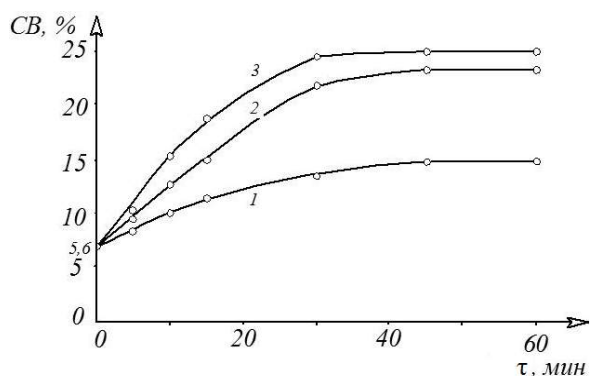


Рисунок 1. Зависимость извлечения экстрактивных веществ из люпина от времени (экстрагент – подсырная сыворотка 5,6 % СВ): 1 – крупка; 2 – цилиндр; 3 – пластина

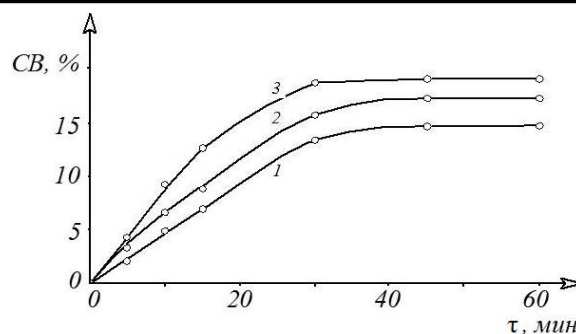


Рисунок 2. Зависимость извлечения экстрактивных веществ из люпина от времени: 1 – крупка; 2 – цилиндр; 3 – пластина

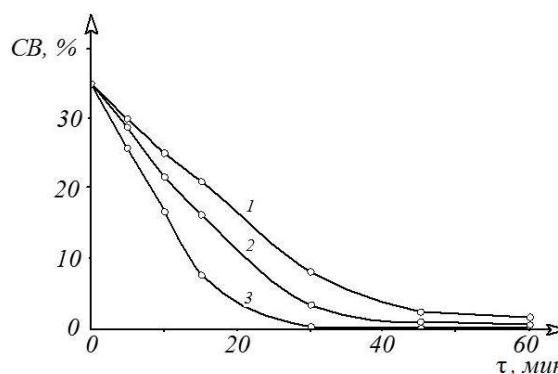


Рисунок 3. Зависимость концентрации экстрактивных веществ в люпине от времени (истощающее экстрагирование): 1 – крупка; 2 – цилиндр; 3 – пластина.

Как видно из рисунков 1 и 2 и таблицы 2, интенсивное извлечение экстрактивных веществ из сырья протекало в течение 900 с из открытых пор и капилляров, образовавшихся, по нашему мнению, дополнительно после механической обработки люпина для придания последнему заданной геометрической формы. Далее процесс протекал медленнее и по истечении 1800 с практически наступало равновесное состояние. Таким образом, после указанного времени дальнейшее экстрагирование было технологически нецелесообразным.

Т а б л и ц а 2

Максимальный выход экстрактивных веществ в зависимости от формы материала (экстрагент – подсырная сыворотка 5,6 % СВ)

№ п/п	Вид сырья	Время экстрагирования, мин	Выход экстрактивных веществ СВ, %
1	Крупка	45	15,0
2	Цилиндр	45	23,5
3	Пластина	45	25,0

Результаты истощающего экстрагирования (рисунок 3) в совокупном рассмотрении с рисунками 1 и 2, а также таблицей 3 дают основание отдать предпочтение геометрической форме сырья в виде пластины.

Степень истощения твёрдой фазы E , рассчитанная по формуле:

$$E = \bar{C}/C_0, \quad (4)$$

приведена для всех форм частиц в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Степень истощения твердой фазы

Форма тела	Время, мин					
	5	10	15	30	45	60
шар	85,8%	71,7%	60,4%	23,7%	7,1%	5,6%
цилиндр	80,7%	60,4%	49,1%	9,6%	5,6%	5,6%
пластина	75,1%	49,1%	23,7%	1,4%	1,4%	1,4%

В то же время другие геометрические формы не отрицаются, поскольку форма крупки, например, более технологична в изготовлении.

Полученный молочно-растительный экстракт вследствие своего богатого химического состава может быть использован в технологии функциональных продуктов питания.

Продолжением данной работы является определение коэффициентов молекулярной диффузии, построение математических моделей с использованием полученных экстракционных зависимостей, а также программное обеспечение процесса. Этот материал, при его совокупном

анализе, даёт возможность выбрать аппаратно-технологическое оформление процесса экстрагирования, которое обеспечит максимальное извлечение из люпина целевого компонента при минимальных энергозатратах. Это сложно, а зачастую невозможно достичь, проводя процесс путём однократной обработки твёрдой фазы растворителем или при прямоточном движении взаимодействующих фаз [4]. Поэтому возможным решением данной проблемы нам представляется интенсификация экстрагирования за счёт привлечения физических методов [2,3,6,7].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (система твердое тело – жидкость). Л.: Химия, 1974. 256 с.
- 2 Аксельруд Г.А., Альтшулер М.А. Введение в капиллярно-химическую технологию. М.: Химия, 1983. 264 с.
- 3 Белоглазов И.Н. Твёрдофазные экстракторы. Л.: Химия, 1985. 240 с.
- 4 Коган В.Б. Теоретические основы типовых процессов химической технологии. Л.: Химия, 1977. 592 с.
- 5 Торжинская Л.Р., Яковенко В.А. Технологический контроль хлебопродуктов. М.: Агропромиздат, 1986. 399 с.
- 6 Шишацкий Ю.И., Яковлев Н.Н. Интенсификация процесса экстрагирования при приготовлении спиртовых морсов и настоев // Производство спирта и ликёроводочных изделий. 2009. №2. С. 31-32.
- 7 Шишацкий Ю.И., Мельникова Е.И., Плюха С.Ю., Кузьмин Е.В. и др. Перспективные типы экстракционных аппаратов для системы «твёрдое тело – жидкость» (аспекты теории и анализ конструкций) // Вопросы современной науки и практики. Тамбов. 2012. №2. С. 339 – 351.

REFERENCES

- 1 Aksel'rud G.A., Lysianskii V.M. Ekstragirovanie (sistema tverdoe telo-zhidkost') [Extraction (system solid body-liquid)]. Leningrad, Khimiia, 1974. 256 p. (In Russ.).
- 2 Aksel'rud G.A., Altshuler M.A. Vvedenie v kapiliarno-khimicheskuiu tekhnologiiu [Introduction in capillary and chemical technology]. Moscow, Khimia, 1983. 264 p. (In Russ.).
- 3 Beloglazov I.N. Tverdofaznye ekstraktory [Solid-phase extractors]. Leningrad, Khimiia, 1985. 240 p. (In Russ.).
- 4 Kogan V.B. Teoritieskie osnovy tipovykh protsessov khimicheskoi tekhnologii [Theoretical bases of standard processes of chemical technology]. Leningrad, Khimiia, 1977. 592 p. (In Russ.).
- 5 Torzhinskaia L.R., Yakovenko V.A. Tekhnologicheskii kontrol' khlebobproduktov [Technological control of bakeries]. Moscow, Agropromizdat, 1986. 399 p. (In Russ.).
6. Shishatskii Iu.I., Iakovlev N.N. Intensification of extraction process at preparation of spirit fruit drinks and infusions. *Proizvodstvo spirta i likerovodochnykh izdelii*. [Production of alcohol and alcoholic beverage products], 2009, no. 2, pp. 31-32. (In Russ.).
- 7 Shishatskii Iu.I., Mel'nikova E.I., Plukha S.Iu., Kuz'min E.V. et al. Perspective types of extraction devices for system "a solid body – liquid" (aspects of the theory and analysis of designs). *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki*. [Questions of modern science and practice], 2012, no. 2, pp. 339-351. (In Russ.).

УДК 001.891.573 : 663.5

Профессор Е.Н. Константинов, доцент Т.Г. Короткова,
профессор С.Ю. Ксандопуло,

(Кубан. гос. технол. ун-т) кафедра безопасн. жизнедеят. тел. (861) 274-51-17
E-mail: korotkova1964@mail.ru

аспирант С.В. Черепов

(Майкоп. гос. технол. ун-т) каф. технол., машин и оборуд. пищ. пр-в тел. (87722)57-00-21
E-mail: siukhov@mail.ru

Professor E.N. Konstantinov, associate professor T.G. Korotkova,
professor S.Iu. Ksandopulo

(Krasnodar, Russia, Kuban State Technological University) Department of life safety.
phone (861) 274-51-17

E-mail: korotkova1964@mail.ru

graduate S.V. Cherepov

(Maikop, Russia, Maikop State Technological University) Department of technology, machines and equipment for food industries. phone (87722)57-00-21

E-mail: siukhov@mail.ru

Разработка модели разваривания зернового замеса

Developing a model of cooking grain batch

Реферат. По развариванию зернового замеса накоплен значительный экспериментальный и производственный материал. Однако теория этого процесса не разработана в требуемой степени. Показано, что математическое моделирование процесса разваривания зернового замеса может использовать в качестве основы уравнение нестационарной диффузии и его численное решение, основанное на методе сеток. Показано, что наряду с процессом нестационарной диффузии при использовании сеточного метода можно учитывать температурные процессы и теорию набухания крахмальных гранул. Определены значения энергии активации диффузии связанной влаги в крупке и величина предэкспоненциального множителя. Для описания процесса набухания крахмальных гранул использованы решения достаточно многочисленных исследований, и выбрана модель, основанная на кинетике химической реакции второго порядка. Уточнение модели разваривания проведено по экспериментальным данным для пшеничной крупки, и сделан вывод о необходимости учета разрыва крахмальных гранул в результате набухания и отрыва слоев материала, граничащих с жидкой фазой, в период всего процесса вплоть до полного разваривания зерновой крупки. Приведены увеличенные под микроскопом фотографии края сухой и разваренной частицы, свидетельствующие о набухании крахмальных гранул и отрыве внешнего слоя частицы. Одновременно в модели учтена динамика изменения температур при нагревании зернового замеса и его разваривании. Результаты моделирования идентифицированы по данным экспериментального исследования разваривания ячменной крупки. Установлено, что разработанная модель с высокой точностью описывает результаты экспериментального исследования. Показано, что математическая модель, основанная на уравнении нестационарной диффузии, без учета температурных эффектов и теории набухания крахмальных гранул дает завышенное время разваривания.

Summary. By batch cooking of grain accumulated considerable experimental and production material. However, the theory of this process has not been developed to the desired extent. It is shown that the mathematical modeling of the process of cooking the grain batch can be used as a basis for non-stationary diffusion equation and its numerical solution based on the grid method. It is shown that in addition to non-stationary diffusion process by using the grid method can take into account the temperature processes and the theory of swelling of the starch granules. The values of the activation energy of diffusion bound moisture in grains and the pre-exponential value were determined. To describe the swelling of the starch granules used solutions sufficiently numerous studies, and the selected model based on chemical reaction kinetics of the second order. Elaboration of the model of cooking done on experimental data for wheat grits, and concluded the need to address the gap of the starch granules during swelling and separation of layers of material adjacent to the liquid phase during the entire process until the complete cooking of cereal grits. An enlarged under a microscope photos edge dry and tenderized particles showing swelling of the starch granules and the isolation of the outer layer of the particle. Simultaneously taken into account in the model dynamics of temperature changes during heating and mixing the grain of cooking. The simulation results are identified according to a pilot study of cooking barley grits. Found that the developed model accurately describes the results of the pilot study. It is shown that the mathematical model based on the non-stationary diffusion equation, excluding the effects of temperature and swelling of the starch granules theory gives too high of cooking time.

Ключевые слова: набухание, крахмальные гранулы, разваривание, зерновой замес, математическое моделирование, неявная схема.

Keywords: swelling, starch granules, cooking, grain batch, mathematical modeling, implicit scheme

© Константинов Е.Н., Короткова Т.Г., Ксандопуло С.Ю.,
Черепов С.В., 2014

В технологии производства пищевого спирта важная роль принадлежит процессу разваривания зерна. Исследования ведутся в направлении изучения влияния степени измельчения, температур, ферментов и других способов воздействия на зерно и зерновые замесы. Можно отметить, что успехи в снижении энергозатрат и улучшении качества бражки достигнуты за счет снижения температур при использовании гидродинамической ферментативной обработки (ГДФО) и механико-ферментативного разваривания. Научные исследования этих вопросов обобщаются в виде эмпирических соотношений и оптимизации технологических режимов [1]. Обобщающие эмпирические уравнения и теоретические обобщения экспериментального материала нуждаются в дальнейшем развитии. Обычно разваривание осуществляется в несколько стадий: смешения с водой при температурах 40-50 °С, в том числе с добавлением разжижающих ферментов, последующего повышения температуры и разваривания в две-три стадии. Поэтому при математическом описании этого процесса необходимо учитывать изменение температур и концентраций влаги в частичках материала. Диффузионное насыщение влагой частиц зерновой крупки может быть описано с использованием уравнений нестационарной диффузии и решено численным методом, разработанным нами для описания сушки барды [2]. В настоящей работе рассмотрена задача диффузионного разваривания зерновой крупки, которая учитывает процесс диффузии влаги в материале, кинетику набухания крахмальных гранул и переменную температуру.

Математическое описание процесса осуществлялось с использованием уравнения нестационарной диффузии в частных производных (1):

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D(t) \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}, \quad (1)$$

где C – влажность материала, изменяющаяся во времени и в пространстве, м³ влаги/м³ влажного материала; τ – время, с; x – координата в направлении, перпендикулярном к слою, м; $D(t)$ – коэффициент диффузии воды в материале, м²/с.

Влияние температуры на процесс учитывалось через коэффициент диффузии:

$$D(t) = D_{0d} e^{-E_{ad}/RT}, \quad (2)$$

где D_{0d} – предэкспоненциальный множитель (фактор диффузии); E_{ad} – энергия активации

для диффузии адсорбированной воды, Дж/моль; T – абсолютная температура, К; R – газовая постоянная, $R = 8,314$ Дж/(моль·К); индекс d – диффузия.

Как следует из уравнения (2) с ростом температуры величина экспоненты быстро стремится к единице. Поэтому величина D_0 найдена нами по данным [3] путем экстраполяции. Величина D_0 составила $5,5 \cdot 10^{-9}$ м²/с. Величина энергии активации найдена путем идентификации математической модели нестационарной диффузии $E_{ad} = 21,75$ кДж/моль [4].

Поскольку решение уравнения (2) проводилось численными методами, то по заданной в процессе разваривания крупки температуре как функции времени определялась температура на каждом временном слое интегрирования, и по ней рассчитывался коэффициент диффузии.

Решение уравнения нестационарной диффузии (1) осуществлялось методом сеток. Для исключения расходимости вычислений применена неявная схема (рисунок 1), изложенная в работе [5] и реализованная нами в [2].

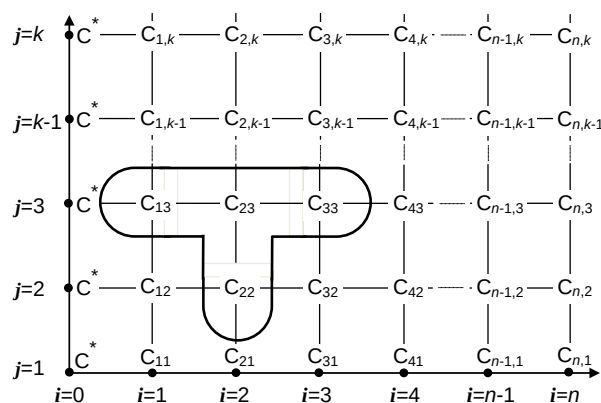


Рисунок 1. Трафарет неявной схемы

Через i обозначены слои по координате, через j – по времени. В узлах сетки располагаются значения влажности и температуры. Значения влажности на нижнем временном слое известны, на верхнем слое – подлежат определению. Полученная на каждом временном слое система линейных уравнений с трехдиагональной матрицей решалась методом последовательного исключения переменных.

Уравнение (1) в конечных разностях имеет вид:

$$\frac{C_{i,j+1} - C_{i,j}}{\Delta \tau} = D(t) \frac{(C_{i-1,j+1} - C_{i,j+1}) - (C_{i,j+1} - C_{i+1,j+1})}{(\Delta x)^2}. \quad (3)$$

После преобразований получим:

$$-Fo \cdot C_{i-1,j+1} + (1 + 2Fo)C_{i,j+1} - Fo \cdot C_{i+1,j+1} = C_{i,j}, \quad (4)$$

где

$$Fo = \frac{D(t)\Delta\tau}{(\Delta x)^2}. \quad (5)$$

Начальные условия: $\tau = 0 \quad C_{i,1} = C_0$.

Граничные условия:

на границе соприкосновения с водой:

$$x = 0 \quad C_{0,j} = C^*,$$

в центре частицы:

$$x = \frac{\delta}{2} \quad C_{n-1,j} = C_{n,j},$$

где C_0 – начальная влажность крупки ($C_0 = 0,194$ об. дол. или $0,147$ мас. дол.);

C^* – равновесная концентрация влаги в твердом теле на границе раздела фаз (найдена при идентификации и составила $0,888$ об. дол. или

$0,85$ мас. дол.); при $x = \frac{\delta}{2}$ производная $\frac{\partial C}{\partial x} = 0$,

т.е. $C_{n-1,j} = C_{n,j}$.

Ниже представлен алгоритм решения системы линейных уравнений с трехдиагональной матрицей, получаемых при использовании неявной схемы при разбиении пространственной координаты на n участков и числе шагов интегрирования по времени равно k .

Для начального временного слоя ($j = 1$) и второго слоя ($j = 2$) при n шагах интегрирования по координате уравнение (4) принимает вид системы уравнений с трехдиагональной матрицей:

$$-Fo \cdot C_{0,2} + (1 + 2Fo)C_{1,2} - Fo \cdot C_{2,2} = C_{1,1} \quad (6)$$

$$-Fo \cdot C_{1,2} + (1 + 2Fo)C_{2,2} - FoC_{3,2} = C_{2,1} \quad (7)$$

$$\dots \dots \dots -Fo \cdot C_{n-2,2} + (1 + 2Fo)C_{n-1,2} - FoC_{n,2} = C_{n-1,1} \quad (8)$$

$$C_{n-1,1} = C_{n,1} \quad (9)$$

Строго говоря, на соседних временных слоях величины температур различны, а поэтому различны и величины $Fo = \frac{D(t)\Delta\tau}{(\Delta x)^2}$. Од-

нако на соседних временных слоях температура отличается на $0,05$ °C, и этим различием можно пренебречь. При переходе же на последний слой осуществляется пересчет температуры и величины Fo .

Обозначим:

$$A_i = -Fo; \quad B_i = (1 + 2Fo); \quad D_i = -Fo; \quad \varepsilon_1 = C_{1,1};$$

$$\varepsilon_2 = C_{2,1}; \quad \varepsilon_3 = C_{3,1}; \dots \varepsilon_{n-1} = C_{n-1,1}; \quad \varepsilon_n = C_{n,1};$$

$$\varepsilon'_1 = \varepsilon_1 - A_1 C^*; \quad B'_1 = B_1.$$

Учтем, что $C_{0,j} = C^*$ и получим:

$$B'_1 C_{1,2} + D_1 C_{2,2} = \varepsilon'_1 \quad (10)$$

$$A_2 C_{1,2} + B_2 C_{2,2} + D_2 C_{3,2} = \varepsilon_2 \quad (11)$$

$$\dots \dots \dots A_{n-1} C_{n-2,2} + B_{n-1} C_{n-1,2} + D_{n-1} C_{n,2} = \varepsilon_n \quad (12)$$

$$C_{n-1,1} = \varepsilon_n \quad (13)$$

Решим систему (10)-(13) следующим образом.

Умножая каждое слагаемое уравнения (10) на A_2 / B'_1 , получим (14):

$$A_2 C_{1,2} + D_1 \frac{A_2}{B'_1} C_{2,2} = \frac{A_2}{B'_1} \varepsilon'_1. \quad (14)$$

Из уравнения (11) вычтем уравнение (14):

$$\left(B_2 - D_1 \frac{A_2}{B'_1} \right) C_{2,2} + D_2 C_{3,2} = \varepsilon_2 - \frac{A_2}{B'_1} \varepsilon'_1. \quad (15)$$

Обозначим:

$$B'_2 = B_2 - D_1 \frac{A_2}{B'_1}; \quad \varepsilon'_2 = \varepsilon_2 - \frac{A_2}{B'_1} \varepsilon'_1. \quad (16)$$

С учетом выражений (16) уравнение (15) примет вид:

$$B'_2 C_{2,2} + D_2 C_{3,2} = \varepsilon'_2. \quad (17)$$

После преобразований получена следующая система уравнений:

$$B'_1 C_{1,2} + D_1 C_{2,2} = \varepsilon'_1; \quad (18)$$

$$B'_2 C_{2,2} + D_2 C_{3,2} = \varepsilon'_2; \quad (19)$$

$$B'_{n-1} C_{n-1,2} + D_{n-1} C_{n,2} = \varepsilon'_{n-1}. \quad (20)$$

Так как $C_{n-1,2} = C_{n,2}$, то из уравнения (20) определена концентрация $C_{n-1,2}$, из уравнения (19) – концентрация $C_{2,2}$, из уравнения (18) – концентрация $C_{1,2}$. Таким образом, из системы уравнений (18)-(20) найдены концентрации на 2-м временном слое:

$$C_{n-1,2} = \frac{\varepsilon'_{n-1}}{B'_{n-1} + D_{n-1}}; \quad (21)$$

$$\dots \dots \dots C_{2,2} = \frac{\varepsilon'_2 - D_2 C_{3,2}}{B'_2}; \quad (22)$$

$$C_{1,2} = \frac{\varepsilon'_1 - D_1 C_{2,2}}{B'_1}. \quad (23)$$

Аналогичным путем осуществлен переход от второго слоя к третьему и т.д., вплоть до определения концентрации во всех узлах сетки. Распространяя полученный результат на $i = 1 \dots n-2$ и $j = 2 \dots k$, имеем

$$C_{i,j} = \frac{\varepsilon'_i - D_i C_{i+1,j}}{B'_i}, \quad (24)$$

Для $i = n$ и $i = n - 1$ имеем:

$$C_{n-1,j} = \frac{\varepsilon'_{n-1}}{B'_{n-1} + D_{n-1}};$$

$$C_{n,j} = C_{n-1,j}.$$

Коэффициенты определены следующими уравнениями:

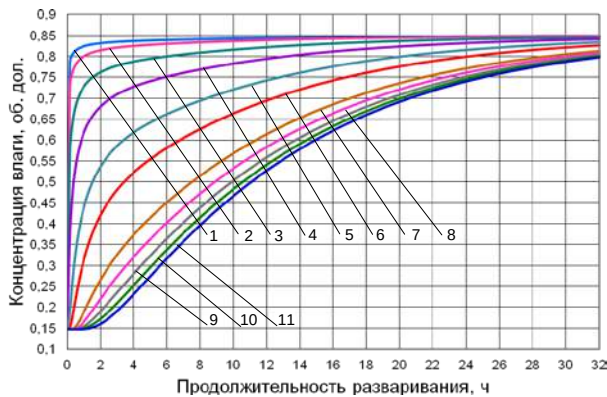
$$B'_i = B_i - D_{i-1} \frac{A_i}{B'_{i-1}}, \quad (25)$$

где $i = 2 \dots n$; $B'_1 = B_1$; $\varepsilon'_1 = \varepsilon_1 - A_1 C^*$.

$$\varepsilon'_i = \varepsilon_i - \frac{A_i}{B'_{i-1}} \varepsilon'_{i-1}, \quad (26)$$

где $i = 2 \dots n - 1$.

По вышеизложенной методике определяются концентрации влаги $C_{i,j}$ в узлах сетки по всем координатным и временным слоям.



Номер слоя: 1 – 1; 2 – 2; 3 – 5; 4 – 10; 5 – 20; 6 – 30; 7 – 50; 8 – 60; 9 – 70; 10 – 80; 11 – 100

Рисунок 2. Расчет по диффузионной модели

Как видно из рисунка 2, концентрация влаги изменяется в пространстве и во времени. График построен при следующем температурном режиме: первые 30 минут температура равна 50 °С, от 30 до 50 минут температура изменялась от 50 до 70 °С со скоростью 1 °/мин и при времени, большем, чем 50 мин температура оставалась постоянной, равной 70 °С. Таким образом, чисто диффузионная модель, учитывающая изменение температуры, дает время разваривания крупки, имеющей толщину 1 мм, равное 32 ч, в то время как реальный процесс разваривания был завершен за 225 мин. С целью выявления причин существенного отклонения теоретических данных от экспериментальных был проведен эксперимент по развариванию при температуре 90 °С пшеничной крупки, полученной после дробилки и вальцов, размером порядка 1 мм. Частицы были замочены водой, температура которой 40 °С, суспензия быстро разогрета до 90 °С и выдержана при

этой температуре в течение 1 часа. Под микроскопом были сфотографированы края сухой и разваренной частиц (рисунок 3).

Из рисунка 3 видно, что сухая частица состоит из крахмальных гранул, размер которых в пересчете на эквивалентный диаметр составил 18 мкм. После разваривания размер гранул увеличился до 31,4-31,45 мкм. В среднем при размере 31,42 гранулы разрывались и крайний крахмальный слой переходил в жидкую фазу. В соответствии с этой картиной разбухшая гранула в момент отрыва слоя имела концентрацию воды порядка 80 % мас.

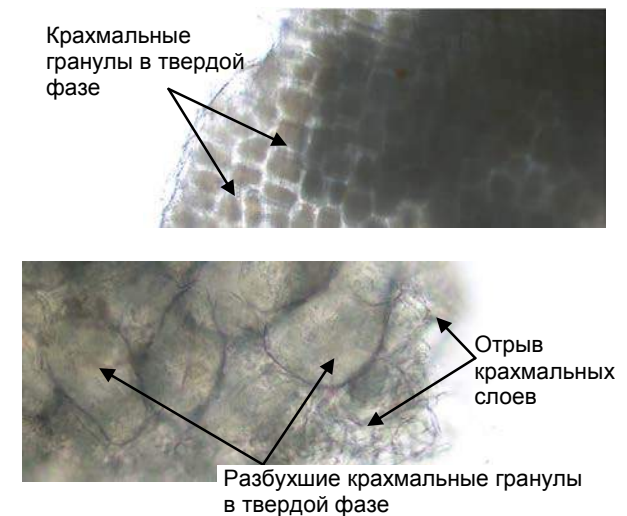


Рисунок 3. Внешний вид сухой и разваренной частиц крупки

Для моделирования описанного процесса была рассмотрена теория набухания крахмальных гранул. По процессу набухания накоплен обширный экспериментальный материал, результаты которого обработаны с использованием модели химических реакций 1-го [6-8], 2-го [9-11] и 3-го [7] порядка. Экспериментальные результаты авторов вместе с собственными экспериментальными данными [9] обобщены в виде графика, представленного на рисунке 4.

На рисунке 4: D_0 – диаметр исходной (сухой) гранулы крахмала, мкм; D_m – максимальный диаметр набухшей гранулы крахмала, мкм; D_t – текущий диаметр гранулы крахмала (при набухании), мкм; V_0 – предэкспоненциальный множитель, c^{-1} , E_a – энергия активации, Дж/моль; $R = 8,314$ – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура, К; τ – время, с.

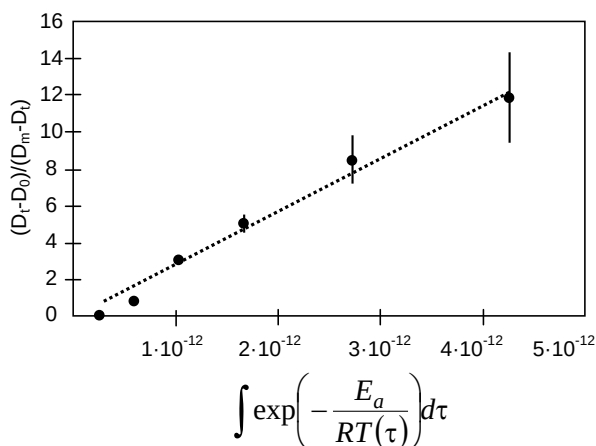


Рисунок 4. Зависимость $(D_t - D_0)/(D_m - D_t)$ как функция от $\int \exp\left(-\frac{E_a}{RT(\tau)}\right) d\tau$

По этим данным определена величина энергии активации реакции набухания крахмальных гранул $E_a = 84,8$ кДж/моль, и множитель V_0 , равный $2,84 \cdot 10^{12} \text{ с}^{-1}$. В результате получено уравнение [9]:

$$\frac{D_t - D_0}{D_m - D_t} = V_0 \int \exp\left(-\frac{E_a}{RT(\tau)}\right) d\tau. \quad (27)$$

Из уравнения (27) найдена величина D_t

$$D_t = \frac{D_0 + D_m \left[V_0 \int \exp\left(-\frac{E_a}{RT(\tau)}\right) d\tau \right]}{1 + V_0 \int \exp\left(-\frac{E_a}{RT(\tau)}\right) d\tau}. \quad (28)$$

По уравнению (28) путем численного интегрирования проведен расчет зависимости диаметра крахмальной гранулы от температуры. Температура изменялась от 20 °С до 120 °С со скоростью 1 °С/с. Результаты представлены на рисунке 5.

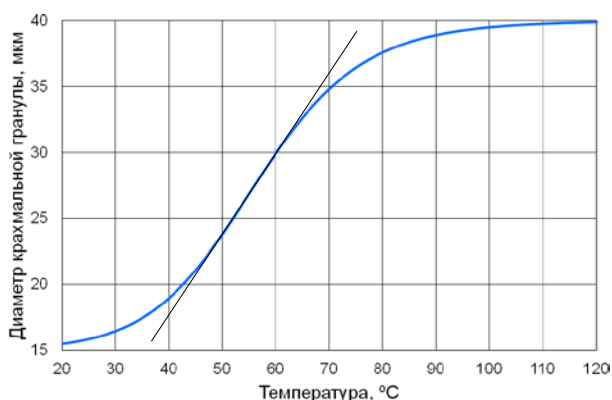


Рисунок 5. Изменение диаметра крахмальной гранулы в зависимости от температуры

При низких температурах диаметр возрастает медленно, затем в диапазоне температур от 45 °С до 65 °С изменение диаметра происходит практически по прямой, а при более высоких температурах кривая асимптотически приближается к 40 мкм.

Обзор последующих работ по набуханию крахмальных гранул выполнен в работе [12]. Приведены данные по равновесному среднему диаметру. Рекомендована сигмообразная модель для вычисления равновесного среднего диаметра [13]. На рисунке 6 представлены также расчеты по другим моделям [14-15], которые имеют большее отклонение от экспериментальных данных.

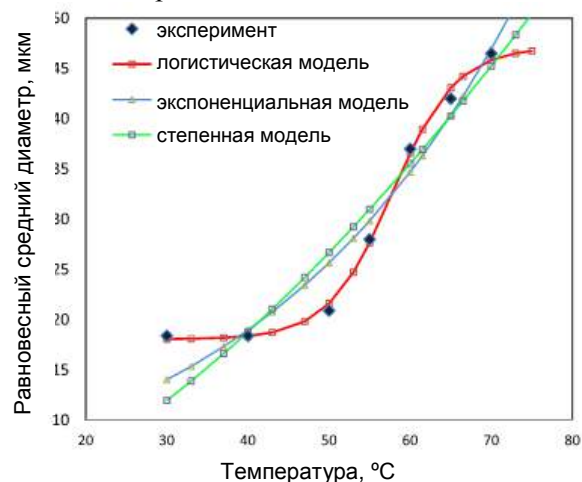


Рисунок 6. Изменение равновесного среднего диаметра крахмальной гранулы в зависимости от температуры

В связи с тем, что по результатам работы [9] получается качественно такая же зависимость, как и представленная на рисунке 6, в дальнейшем для моделирования процесса набухания крахмальных гранул использовано уравнение (28).

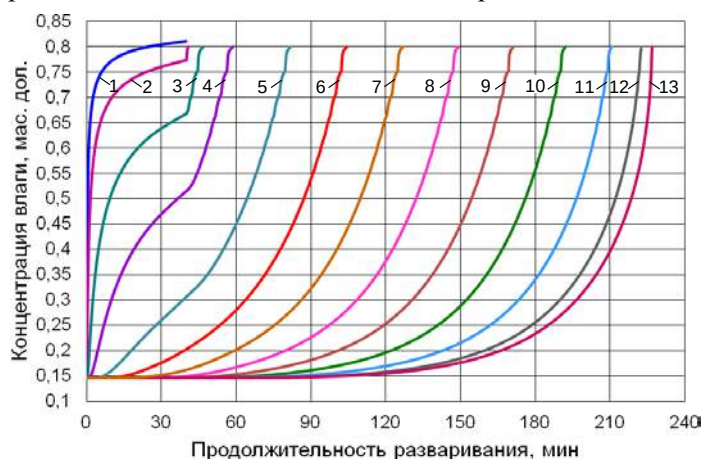
В качестве экспериментальных данных для моделирования взяты результаты работы [16] по развариванию ячменной крупки. В эксперименте [16] проводилось разваривание в соответствии с температурным режимом, представленным при построении зависимостей на рисунке 2.

Процесс диффузионного насыщения протекает одновременно с процессом набухания гранул. Расчет должен проводиться по лимитирующему, т.е. более медленному, процессу. При математическом моделировании была использована сетка с 4800 слоями по времени и 100 слоями по координате.

Сначала была рассчитана кинетика набухания гранул. Время до разрыва крахмальных гранул и отрыва крахмального слоя оказалось равным 40 мин. Аналогичное время

для диффузионного процесса оказалось равным 24,5 мин. Так как эти процессы идут независимо друг от друга, то вплоть до времени 40 мин расчет проводился по набуханию. В это время 2-й слой насыщался до концентрации влаги, равной 75 % мас. После отрыва 1-го слоя начинался более быстрый рост концентрации на 2-м слое. Время его насыщения до

максимального диаметра (состояния отрыва) рассчитывалось по диффузионному механизму. Аналогично проводился расчет всех последующих координатных слоев. Состояние отрыва ловилось в узлах сетки. Согласно модели полное разваривание частичек материала произошло за время 225 мин, что согласуется с экспериментальными данными.



Номер слоя: 1 – 1; 2 – 2; 3 – 5; 4 – 10; 5 – 20; 6 – 30; 7 – 540; 8 – 50; 9 – 60; 10 – 70; 11 – 80; 12 – 90; 13 – 100

Рисунок 7. Расчет по разработанной модели

Таким образом, разработана модель разваривания зернового замеса, учитывающая разрыв крахмальных гранул при набухании и отрыв слоя, граничащего с жидкой фазой, до

полного разваривания зерновой крупки. Показано хорошее качественное согласование расчетных и экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1 Востриков С.В. Теоретические основы и разработка прикладных задач безотходной технологии спиртового производства: дис. ... д-ра техн. наук: 03.00.23, 05.18.07. Воронеж: ВГТА, 2000. 518 с.

2 Короткова Т.Г., Левашова Л.М., Черепов С.В. Использование неявной схемы и метода исключения Гаусса при моделировании насыщения зерновой крупки водой и сушки упаренной барды // Новые технологии. 2012. № 2. С.19-26.

3 Дворецкий С.И., Дмитриев В.М., Кормильцин Г.С., Пестрецов С.И. и др. Исследование кинетики сушки зерновых культур // Вестник ТГТУ. 2002. Т 8. № 2. С. 228-239.

4 Черепов С.В., Сиюхов Х.Р., Короткова Т.Г., Солонникова Н.В. и др. Математическое моделирование процесса разваривания ячменной крупки // Известия вузов. Пищевая технология. 2014. № 1. С.88-92.

5 Воробьев А.Х. Диффузионные задачи в химической кинетике: учебное пособие. М.: Изд-во Моск. ун-та, 2003. 98 с.

6 Kubota K., Hosokawa Y., Suzuki K., Hosaka H. Studies on the gelatinization rate of rice and potato starches. Journal of Food Science, 1979, no. 44, pp. 1394–1397.

7 Lund D. Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 1984, no. 20(4), pp. 249–273.

8 Okechukwu P. E., Rao, M. A. Influence of granule size on viscosity of cornstarch suspension. Journal of Texture Studies, 1995, no. 26, pp. 501–516.

9 Lagarrigue S., Alvarez G., Cuvelier G., Flick D. Swelling kinetics of waxy maize and maize starches at high temperatures and heating rates. Carbohydrate Polymers, 2008, no. 73, pp. 148–155.

10 Chen G., Campanella O.H., Purkayastha S. A dynamic model of crosslinked corn starch granules swelling during thermal processing. Journal of Food Engineering, 2007, no. 81, pp. 500–507.

11 Peleg M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. Journal of Food Science, 1988, no. 53, pp. 1216–1219.

12 Malumba P., Jacquet N., Delimme G., Lefebvre F. et al. The swelling behaviour of wheat starch granules during isothermal and non-isothermal treatments. Journal of Food Engineering, 2013, no. 114, pp. 199–206.

13 Malumba P., Janas S., Masimango T., Sindic M. et al. Influence of drying temperature on the wet-milling performance and the proteins

solubility indexes of corn kernels. *Journal of Food Engineering*, 2009, no. 95, pp. 393–399.

14 Okechukwu P.E., Rao M.A. Kinetics of cowpea starch gelatinization based on granule swelling. *Starch*, 1998, no. 48 (2), pp. 43–47.

15 Rao M.A., Tattiyakul J. Granule size and rheological behavior of heated tapioca starch dispersions. *Carbohydrate Polymers*, 1999, no. 38, pp. 123–132.

16 Баракова Н.В. Разработка технологии этилового спирта при пониженных температурных режимах водно-тепловой и ферментативной обработки высококонцентрированных замесов из ячменя: дис. ... канд. техн. наук, 05.18.07. Санкт-Петербург: С.-Пб ГУИПТ, 2010. 120 с.

REFERENCES

1 Vostrikov S.V. *Teoreticheskie osnovy i razrabotka prikladnykh zadach bezotkhodnoi tekhnologii spirtovogo proizvodstva*. Diss. dokt. tekhn. Nauk [Theoretical frameworks and applications nonwaste technology of alcohol production. Dr. tech. sci. diss.] Voronezh, 2000. 518 p. (In Russ.).

2 Korotkova T.G., Levashova L.M., Cherepov S.V. Using the implicit scheme and Gaussian elimination in modeling saturation grain semolina with water and drying the evaporated stillage. *Novye tekhnologii*. [New Technology], 2012, no. 2, pp. 19–26 (In Russ.).

3 Dvoreckij S.I., Dmitriev V.M., Kormil'tsin G.S., Pestretsov S.I. et al. Investigation of the kinetics of drying crops. *Vestnik TGTU*. [Bulletin of TSTU], 2002. vol. 8, no. 2, pp. 228–239. (In Russ.).

4 Cherepov S.V., Siiukhov Kh.R., Korotkova T.G., Solonnikova N.V. et al. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiya*. [Simulation of the process of cooking barley grits], 2014, no. 1, pp. 88–92. (In Russ.).

5 Vorob'ev A.Kh. *Diffuzionnye zadachi v khimicheskoi kinetike* [Diffusion problems in chemical kinetics]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta, 2003. 98 p. (In Russ.).

6 Kubota K., Hosokawa Y., Suzuki K., Hosaka H. Studies on the gelatinization rate of rice and potato starches. *Journal of Food Science*, 1979, no. 44, pp. 1394–1397.

7 Lund D. Influence of time, temperature, moisture, ingredients, and processing conditions on starch gelatinization. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 1984, no. 20(4), pp. 249–273.

8 Okechukwu P. E., Rao, M. A. Influence of granule size on viscosity of cornstarch suspension. *Journal of Texture Studies*, 1995, no. 26, pp. 501–516.

9 Lagarrigue S., Alvarez G., Cuvelier G., Flick D. Swelling kinetics of waxy maize and maize starches at high temperatures and heating rates. *Carbohydrate Polymers*, 2008, no. 73, pp. 148–155.

10 Chen G., Campanella O.H., Purkayastha S. A dynamic model of crosslinked corn starch granules swelling during thermal processing. *Journal of Food Engineering*, 2007, no. 81, pp. 500–507.

11 Peleg M. An empirical model for the description of moisture sorption curves. *Journal of Food Science*, 1988, no. 53, pp. 1216–1219.

12 Malumba P., Jacquet N., Delimme G., Lefebvre F. et al. The swelling behaviour of wheat starch granules during isothermal and non-isothermal treatments. *Journal of Food Engineering*, 2013, no. 114, pp. 199–206.

13 Malumba P., Janas S., Masimango T., Sindic M. et al. Influence of drying temperature on the wet-milling performance and the proteins solubility indexes of corn kernels. *Journal of Food Engineering*, 2009, no. 95, pp. 393–399.

14 Okechukwu P.E., Rao M.A. Kinetics of cowpea starch gelatinization based on granule swelling. *Starch*, 1998, no. 48 (2), pp. 43–47.

15 Rao M.A., Tattiyakul J. Granule size and rheological behavior of heated tapioca starch dispersions. *Carbohydrate Polymers*, 1999, no. 38, pp. 123–132.

16 Barakova N.V. *Razrabotka tekhnologii etilovogo spirta pri ponizhennykh temperaturnykh rezhimakh vodno-teplovoy i fermentativnoi obrabotki vysokokontsentrirrovannykh zamesov iz iachmenia*. Diss. kand. tekhn. Nauk [Development of technology for ethanol at low temperature regimes of water and heat and enzymatic treatment of highly concentrated mixtures of barley. Cand. tech. sci. diss.]. St. Petersburg, 2010. 120 p.

УДК 66.047.3

Аспирант Р.А. Барыкин, доцент В.В. Пойманов,
профессор С.В. Шахов

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

E-mail: v-poymanov@yandex.ru

Graduate R.A. Barykin, Associate Professor V.V. Poymanov,
Professor S.V. Shakhov

(Voronezh State University of Engineering Technologies) Department of machines and
apparatuses of food production, phone (473) 255-38-96

E-mail: v-poymanov@yandex.ru

Разработка вакуум-сублимационных сушилок с использованием термоэлектрических модулей

Development of vacuum sublimation dryers using thermoelectric modules

Реферат. Выявлены основные направления использования сублимированных продуктов и ингредиентов. Приведен анализ рынков сбыта сублимированных продуктов. Показано, что внедрение инновационных технологий производства позволит динамично развиваться не только крупным компаниям, но и мелким фирмам, что создаст предпосылки для роста российского рынка сублимированных продуктов. Проанализированы тенденции развития сублимационного сушильного оборудования. Обоснована актуальность разработки энергосберегающих вакуум-сублимационных сушилок. Комплексный подход к созданию конкурентоспособных отечественных технологий и оборудования для сублимационного обезвоживания термолабильных продуктов заключается в использовании эффективных комбинированных средств энергоподвода, интенсификации процесса, уменьшении удельных энергозатрат и, как следствие, снижении себестоимости продукции при достижении высоких качественных показателей. Приведены преимущества термоэлектрических модулей как альтернативного направления существующему парокompрессионному и абсорбционному холодильному оборудованию. Проведены исследования процесса вакуум-сублимационного обезвоживания с использованием термоэлектрических модулей. Научно подтверждено, что термоэлектрический модуль, работающий на эффекте Пельтье, способствует увеличению холодопроизводительности за счет использования принципа теплового насоса. Предложены варианты использования термоэлектрических модулей в конструкциях сушилок. Определены оптимальные режимы работы и количество модулей в секции. Указаны пути повышения энергетической эффективности вакуум-сублимационных сушилок с использованием термоэлектрических модулей. Полученные результаты позволяют производить инженерные расчеты и проектирование прогрессивных вакуум-сублимационных установок с различными способами энергоподвода.

Summary. The main directions of use of freeze-dried products and ingredients are revealed. The analysis of sales markets of freeze-dried products is provided. It is shown that introduction of innovative production technologies will allow to develop dynamically not only to the large companies, but also small firms that will create prerequisites for growth of the Russian market of freeze-dried products. Tendencies of development of the freeze-drying equipment are analysed. Relevance of development of energy saving freeze-dryers is proved. The integrated approach to creation of competitive domestic technologies and the equipment for sublimation dehydration of thermolabile products consists in use of the effective combined remedies of a power supply, a process intensification, reduction of specific energy consumption and, as a result, decrease in product cost at achievement of high quality indicators. Advantages of thermoelectric modules as alternative direction to existing vapor-compression and absorbing refrigerating appliances are given. Researches of process of freeze-drying dehydration with use of thermoelectric modules are conducted. It is scientifically confirmed, that the thermoelectric module working at Peltier effect, promotes increase in refrigerating capacity due to use of the principle of the thermal pump. Options of use of thermoelectric modules in designs of dryers are offered. Optimum operating modes and number of modules in section are defined. Ways of increase of power efficiency of freeze-dryers with use of thermoelectric modules are specified. The received results will allow to make engineering calculations and design of progressive freeze-drying installations with various ways of a power supply.

Ключевые слова: вакуум-сублимационная сушка, термоэлектрический модуль, эффект Пельтье

Keywords: freeze-drying, thermoelectric module, Peltier effect

Пищевые продукты и материалы, полученные с использованием технологии вакуум-сублимационного обезвоживания, занимают все большую долю на российском рынке. Это связано с тенденцией неуклонного роста потребления продуктов быстрого приготовления, к которым предъявляются высокие требования по качественным показателям.

Данная продукция используется также в других отраслях пищевой промышленности: при производстве йогуртов, мороженого, кондитерских изделий, конфет, фруктового чая, диетических продуктов и т.п.

© Барыкин Р.А., Пойманов В.В., Шахов С.В., 2014

Тенденция потребительского рынка к использованию натуральных ингредиентов диктует компаниям необходимость поиска новых технологий в производстве пищевых добавок, и, в этом аспекте, сублимационная сушка отвечает всем требованиям (сохранение формы, цвета, аромата, вкуса, витаминов и микроэлементов исходного сырья, малый вес, что снижает расходы при транспортировке, возможность длительного срока хранения при соответствующей упаковке).

Однако на сегодняшний день вакуум-сублимационная сушка является одной из самых дорогостоящих в силу своей высокой технологичности. Использование такой продукции могут позволить себе только крупные производители, имеющие в своем активе уже хорошо известные торговые брэнды.

На данный момент на отечественном рынке производства сублимированных продуктов и ингредиентов представлено не больше десяти компаний.

Однако в последнее время наметилась положительная тенденция роста числа российских компаний, занимающихся производством и продажей пищевых добавок и ингредиентов. Внедрение инновационных технологий производства в данной отрасли позволяет динамично развиваться не только крупным компаниям, но и более мелким фирмам, что в конечном итоге создает предпосылки для роста российского продовольственного рынка.

Среди отечественных производителей следует отметить волгоградский завод «Сублимированные продукты «Галакс». Эта быстро развивающаяся компания предлагает рынку качественную, конкурентоспособную продукцию. В настоящее время «Галакс» выпускает сублимированные ягоды (брусника, морошка, голубика, вороника и др.), овощные, молочные, мясные и другие сухие продукты и ингредиенты. Первоначально основным заказчиком продукции данной компании было Министерство обороны РФ, в настоящее же время «Галакс» выходит на потребительский рынок. Компания наладила производство каш быстрого приготовления под торговой маркой «Гала Гала сублимация».

Комплексный подход к созданию конкурентоспособных отечественных технологий и оборудования для сублимационного обезвоживания термолабильных продуктов заключается в использовании эффективных комбинированных средств энергоподвода к продуктам, имеющим различную структуру, интенсификации процесса, уменьшении удельных энергозатрат и, как следствие, снижении себестоимости продукции при достижении высоких качественных показателей [1].

Техническая идея внедряемых конструкторских разработок состоит также в повышении степени автоматизации оборудования участка замораживания и сушки, что позволит снизить время на простои, увеличить рентабельность продукции.

Совершенствование технологии и разработка оборудования должны базироваться на теоретических исследованиях закономерностей основных процессов, протекающих в аппаратах.

По сравнению с первыми образцами сила тока питания снижена на два-три порядка, на пять-шесть порядков уменьшены удельные энергозатраты полупроводниковых материалов. Современный термоэлектрический модуль представляет собой миниатюрное изделие с керамическими коммутационными платами, содержащими до 10 спаев на 1 мм², с термоэлементами высотой от 0,1 до 1 мм.

Являясь одним из наиболее перспективных направлений в создании экологически чистых охлаждающих устройств, термоэлектрическая техника все более и более завоевывает международный рынок, как альтернативное направление существующему парокомпрессионному и абсорбционному оборудованию. В Европе, США, Японии ежегодный прирост производства и сбыта термоэлектрических полупроводниковых устройств составляет более 10 % [2].

Термоэлектрические модули с успехом могут заменить существующие компрессорные бытовые и промышленные системы охлаждения, в том числе мобильные, использоваться для охлаждения тепловыделяющих плат в электронике и т.п.

Ведущее место в разработке и производстве термоэлектрических охладителей за рубежом занимают США. Фирмы «Melcor», «Marlow Industries Inc.» и ряд других компаний осуществляют массовый выпуск термоэлектрической продукции. Японской фирмой «Komatsu Electronics Inc.» создана технология автоматической сборки термоэлектрических микроохладителей с использованием роботов.

Среди отечественных производителей термоэлектрических модулей ведущее место занимает ИПФ «Криотерм», продукция которой соответствует мировым аналогам при более низкой стоимости.

В последние годы заметно снизилась стоимость термоэлектрической продукции. Этому способствовала стандартизация охлаждающих модулей, унификация их размеров и электрических параметров. Освоен массовый выпуск модулей размером 30×30 и 40×40 мм, а также стандартизованных термоэлектрических сборок общего назначения.

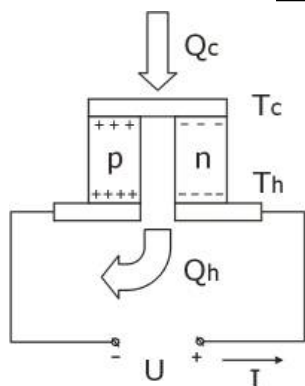


Рис. 1. Схема термоэлектрического модуля

Основными элементами термоэлектрических устройств являются термоэлектрический модуль (ТЭМ), работающий на эффекте Пельтье, и радиатор (теплообменник), способствующий увеличению холодопроизводительности за счет конструктивных решений отвода тепла (рис. 1). Элемент Пельтье, в свою очередь, работает как тепловой насос, так как при пропускании тока через ветви (спай двух металлов) тепловая энергия перетекает с одной пластины на другую, что приводит к появлению холодной и горячей сторон.

При изменении направления тока изменятся на противоположные холодные и горячие стороны. Принципиальным отличием новых термоэлектрических модулей от традиционных и широко известных ячеек Пельтье является то, что керамическая подложка заменена металлической, что в свою очередь позволило существенно поднять холодопроизводительность и сократить время выхода на требуемый режим.

Преимуществами термоэлектрических охлаждающих устройств являются: экологическая чистота, отсутствие хладагентов, среднее время наработки на отказ не менее 200 тыс. ч, независимость от ориентации в пространстве, бесшумность, широкие возможности миниатюризации, переход из режима охлаждения в режим нагрева и обратно за счет простого реверсирования тока [2].

Питание на термоэлектрические модули подавали при достижении давления в сублиматоре 40...50 Па. Для регистрации температуры продукта в поддоне размещали миниатюрные термодатчики с толщиной спаи 0,5 мм.

При включении питания термоэлектрических модулей их холодные спаи охлаждались до температуры -15...-20 °С (258...253 К). В первой секции энергия к продукту подводилась при помощи электрического нагревателя, в остальных секциях — при помощи термоэлектрических модулей, на горячих спаях которых выделялась

теплота, равная сумме холодопроизводительности и затраченной мощности.

В процессе сублимационной сушки на алюминиевом дне поддона десублимировалась влага, удаляемая из продукта. В каждой секции сушилки намораживалось до 2...3 мм льда. При достижении температуры продукта 35...40 °С (308...313 К) процесс сублимационной сушки прекращали [3]. Однако питание термоэлектрических модулей не выключали во избежание попадания влаги в продукт. Сначала девакуумировали сублиматор, выгружали дрожжи, и только после этого переключали питание термоэлектрических элементов с целью удаления льда. При этом на «холодных спаях» выделялась теплота, которая подплавляла слой льда и он легко удалялся с полированной поверхности алюминия. Таким образом, термоэлектрические модули обеспечивают не только экономию энергии, но и упрощают процесс удаления замороженного льда. Кроме этого, достоинством ТЭМ является то, что они обеспечивают практически мгновенное охлаждение алюминиевого дна поддона. Этот факт является очень важным, так как не требуется предварительного охлаждения вакуумной камеры (сублиматора).

Вакуум-сублимационную сушку проводили при различном напряжении питания элементов, а также различном количестве элементов в секции.

К недостаткам термоэлектрических модулей следует отнести то, что они имеют низкую холодопроизводительность, поэтому для обеспечения нормального процесса сушки необходимо устанавливать до 8...10 термоэлементов в каждой секции (рис. 2).

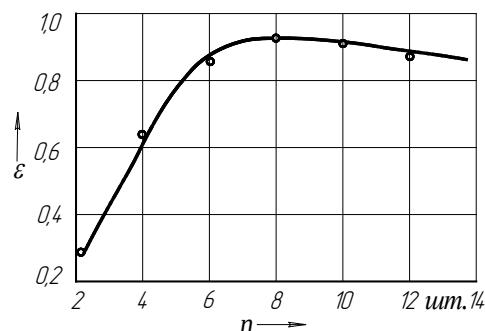


Рис. 2. Зависимость холодильного коэффициента от количества модулей в секции вакуум-сублимационной сушилки

Что касается непосредственно сушилки, то требуется достаточно времени на то, чтобы установить секции. Поэтому возможно частичное подтаивание продукта во время установки продукта.

Целью проведения эксперимента являлось определение оптимальных режимов сушки, а также нахождение оптимальных параметров питания термоэлектрических модулей (рис. 3).

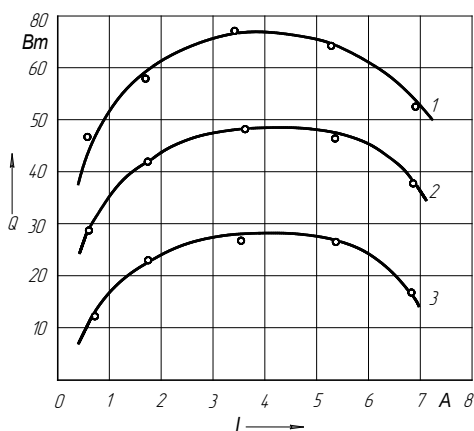


Рис. 3. Зависимость холодопроизводительности модулей от силы тока и разности температур на спаях: 1 – $\Delta T=20$ К; 2 – $\Delta T=45$ К; 3 – $\Delta T=85$ К

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пойманов В.В., Воробьев Д.В. Исследование свойств и разработка оборудования для вакуум-сублимационной сушки инулина // Вестник ВГТА. 2009. № 1. С. 85-88.
- 2 Пойманов В.В. Исследование процесса вакуум-сублимационной сушки пивных дрожжей с использованием термоэлектрических элементов: дисс... канд. техн. наук: 05.18.12: защищена 19.10.2006: утв. 12.03.2007. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2006. 180 с.
- 3 Пат. № 2395768, RU, F 26 B 5/06, F 26 B 9/06. Вакуум-сублимационная сушилка / С.Т. Антипов, В.В. Пойманов, Д.В. Воробьев. № 2009129715/06; Заявл. 03.08.2009; Опубл. 27.07.2010, Бюлл. № 21.

В нашем случае перепад температур на спаях для достижения требуемых показателей продукта необходимо поддерживать на уровне 75...80 К при силе тока питания 4 А [2].

Экономичность термоэлемента, а также максимальное снижение температуры на спаях зависят от эффективности (добротности) полупроводникового вещества z , в которую входят удельная электропроводность σ , коэффициент термоЭДС α и удельная теплопроводность λ . Эти величины взаимосвязаны, так как зависят от концентрации свободных электронов или дырок.

REFERENCES

- 1 Poymanov V.V., Vorobyov D.V. Research of properties and development of the equipment for freeze-drying of inulin. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2009, no. 1, pp. 85-88. (In Russ.).
- 2 Poymanov V.V. [Research of freeze-drying process of beer yeast with use of thermoelectric elements. Candidate of Technical Sciences Diss.]. Voronezh State Technological Acad., 2006. 180 p. (In Russ.).
- 3 Antipov S.T., Poymanov V.V., Vorobyov D.V. Vakuum-sublacionnaya suchilka [Freeze-dryer]. Patent RF, no. 2395768, 2010.

Информационные технологии, моделирование и управление

УДК 664.1.013.6

Профессор В.К. Битюков, профессор С.Г. Тихомиров,
аспирант С.С. Саввин

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра инф. и управ. систем. тел. (473) 255-38-75

доцент Д.В. Арапов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра инф. технол., мод. и упр. тел. (473) 255-25-50

E-mail: SavvinSS@yandex.ru

Professor V.K. Bitiukov, professor S.G. Tikhomirov, graduate S.S. Savvin
(Voronezh state university of engineering technology) Department of information and control
systems. phone (473) 255-38-75

associate Professor D.V. Arapov

(Voronezh state university of engineering technology) Department of information technolo-
gies, modeling and control. phone (473) 255-25-50

E-mail: SavvinSS@yandex.ru

Математическая модель охлаждения оборотной воды в градирне с механической тягой

The mathematical model of cooling recycled water in a cooling tower with mechanical traction

Реферат. Проведен анализ процесса охлаждения оборотной воды в блоке градирен с принудительной тягой как объекта управления. Установлено, что для заданной конструкции башенного охладителя его работа определяется отношением массовых потоков воды и воздуха. Управляющими воздействиями в водоблоке являются расходы в башне горячей воды на охлаждение и скорость вращения валов вентиляторов. Контролируемые возмущения – температура, влажность, барометрическое давление атмосферного воздуха, температура и давление горячей воды. Неконтролируемые возмущения - изменение суммарных коэффициентов теплоотдачи в градирнях, скорость и направление ветра, образование льда на входных окнах. Математическая модель процесса охлаждения описывает совместный тепломассообмен в градирне, течение водяной плёнки (для насадочных и плёночных градирен), осаждение водяных капель (для распылительных градирен), потребление вентиляторным блоком электрической энергии и позволяет оптимизировать процесс охлаждения путём минимизации суммарного значения активной электрической мощности, потребляемой электроприводами всех градирен водоблока. Она основывается на модифицированном уравнении Меркеля, уравнениях Клаузира-Клапейрона, Навье-Стокса. Модель справедлива при допущении того, что температура воды на границе раздела фаз равна среднемассовой температуре воды, при этом воздух на поверхности раздела является насыщенным. Принимается, что тепловой поток от воды к воздуху по нормали к поверхности раздела зависит от разности энтальпий этих сред у кромки раздела и среднемассовой энтальпии, вода и воздух распределяются равномерно по площади сечения оросителя. Разработка учитывает особенности движения жидкости в оросителе и позволяет определять температуру адиабатического насыщения воздуха методом «мокрого» термометра без ее непосредственного измерения. Модель применима для управления процессом охлаждения в реальном времени.

Summary. Analyzed the process of cooling recycled water in the block of cooling towers with forced draft as a control object. Established that for a given construction of the cooling tower its work determined by the ratio of mass flows of water and air. Spending hot water in tower on cooling and rotation speed of shafts of fans are control actions in the waterblock. Controlled perturbation - temperature, humidity, barometric pressure, air temperature and pressure hot water. Uncontrolled disturbance - change of total heat transfer coefficients in the cooling towers, wind speed and direction, formation of ice on the input windows. Mathematical model of cooling process describes the joint heat-and-mass transfer in cooling tower, current water film, the deposition of water droplets, the consumption of electric energy by fan unit allows to optimize the process of cooling through minimizing the total value of active electric power consumed by all cooling towers. It is based on the modified equation of Merkel, equations of Klauzir-Clapeyron, Navier-Stokes. Model is valid under the assumption that the temperature of the water at the interface is equal to the weight average temperature of water, with the air at the interface is saturated. Accepted that the heat flow from the water to the air along the normal to the boundary surface depends on the difference of enthalpy of these environments at the edge of the boundary surfacesection and the weight average enthalpy, water and air are distributed evenly over the cross-sectional area of the sprinkler. Development takes into account peculiarities of fluid motion in the sprinkler and allows to determine the adiabatic saturation temperature of the air by the method of "wet" thermometer without its direct measurement. The model is applicable to control the cooling process in real-time.

Ключевые слова: математическая модель, градирня, ороситель, тепломассообмен, течение водяной плёнки, уравнение Меркеля.

Keywords: mathematical model, cooling tower, distributor, heat and mass transfer, current water film, equation Merke

© Битюков В.К., Тихомиров С.Г., Саввин С.С., Арапов Д.В., 2014

На предприятиях нефтехимического и нефтеперерабатывающего профиля затраты электрической энергии при охлаждении циркуляционной воды достигают 15 % от ее суммарного потребления. В условиях высоких тарифов на 1 кВт/ч потребленной электроэнергии задача минимизации этих затрат при охлаждении оборотной воды в блоке градирен с искусственной тягой становится актуальной.

Типовой водоблок для охлаждения оборотной воды включает в себя насосное отделение и блок градирен с механической тягой, в которых осуществляется теплообмен между водой и воздухом. Суммарный расход воды, циркулирующей от водоблока к потребителям, поддерживается постоянным.

В насадочных градирнях горячая вода разбрызгивается вверху башни и через ороситель стекает в бассейн. Современный ороситель собирается из гофрированных трубчатых модулей. Противотоком (или смешанным током для насадок в виде балок, реек, рамок) движется атмосферный воздух, всасываемый (или нагнетаемый) вентиляторным блоком. В распылительных градирнях [3] горячая вода разбрызгивается через сопла в виде наклонных факелов жидкости с размерами капель 0,7-0,9 мм эквивалентного диаметра.

Процесс теплообмена складывается [1, 2, 5] из передачи теплоты испарения небольших порций воды (около 80 % тепла) и передачи тепла за счёт разности температур воды и воздуха (около 20 % тепла). Перенос тепла в градирне на 1 кг воздуха зависит от его температуры и концентрации в нём влаги. Показателем содержания влаги может служить температура воздуха по влажному термометру. Значение этой температуры является предельным, до которого теоретически можно охладить воду в градирне. Степень приближения к ней зависит от конструкции градирни. При этом большое влияние оказывает время контакта воды с воздухом, степень разбрызгивания, площадь орошаемой поверхности.

Для заданной конструкции градирни ее работа определяется отношением массовых потоков воды и воздуха. Расход воздуха через охладитель зависит от угла установки лопастей вентилятора и скорости их вращения, которая регулируется либо вручную – рычагом скорости на гидромуфте, либо автоматически – посредством частотного преобразования электропитания привода. Существенное влияние на процесс охлаждения оказывает смачиваемость насадки, скорость и направление вет-

ра, отложение льда на входных окнах. С течением времени поверхности орошения башен покрываются илистыми отложениями, забиваются выходные отверстия разбрызгивающих сопел, и суммарные коэффициенты теплоотдачи от воды к воздуху начинают различаться даже при одинаковой конструкции градирен. В этой связи возникает [1, 2] задача оптимального распределения заданной нагрузки по горячей воде между охладителями.

Управляющими воздействиями в водоблоке служат расходы в башне горячей воды и скорости вращения валов вентиляторов. Контролируемые возмущения – температура, влажность, барометрическое давление атмосферного воздуха, температура и давление горячей воды. Неконтролируемые возмущения – изменение общих коэффициентов теплоотдачи градирен, скорости и направления ветра, запыленность воздуха, образование льда на входных окнах и т.п.

Математическая модель процесса охлаждения, описывающая совместный теплообмен в градирне, течение водяной плёнки (для насадочных плёночных градирен) [6], потребление вентиляторным блоком электроэнергии записывается уравнениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \int_{t_x}^{t_r} \frac{dt}{h_s^t - h_g^t} = k \cdot \frac{h_{cp}}{c_w} \cdot A \cdot m^{a_2} + a_3 \cdot q_w \\ \text{нач. усл.:} \end{array} \right. ; \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{прит} = t_x, h_s^t = h_s(t_x), h_g^t = h_s^k \\ h_s^t = \left(1.01 + \frac{1.20065 \cdot P_s^t}{P_6 - P_s^t} \right) t + \\ + \frac{1550.0575 \cdot P_s^t}{P_6 - P_s^t} ; \\ h_g^t = h_s^H + \frac{(t - t_x) \cdot (h_s^k - h_s^H) \cdot k}{t_r - t_x} \\ \left\{ \begin{array}{l} P_s^t = 4388.61117 - 3816.3057 \cdot \theta^{0.5} + \\ + 66.99251 \cdot \theta^2 + 64.21797 \cdot \theta^3 + \\ + 79.12649 \cdot \theta^4 - 16.41684 \cdot \theta^5 - \\ - 16.27299 \cdot \theta^6 + 2.9755 \cdot \theta^7 + \\ + 1.79897 \cdot \theta^8 - 0.62191 \cdot \theta^9 + \\ + 5.52575E - 2 \cdot \theta^{10} - \\ - 66800.70989 \cdot \theta^{-10} \end{array} \right. ; \quad (2) \\ \text{где } \theta = 0.01 \cdot (t + 273.15) = 0.01T \\ \text{при } 241K \leq T \leq 373K \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} m = \frac{(h_s^k - h_s^H) \cdot k}{c_w \cdot (t_r - t_x)} ; \\ \text{где } k = 1 - \frac{c_w \cdot t_x}{r} ; \end{array} \right. \quad (3)$$

$$r = 3.530332 \cdot \frac{dP_s^t}{dT} \cdot \frac{T^2}{P_s^t} ; \quad (4)$$

$$\begin{cases} P_B = E_2 \cdot Q_g^2 + E_1 \cdot Q_g + d_B \\ a_B \cdot q_w^3 + b_B \cdot q_w^2 + c_B \cdot q_w - d_B = 0 \\ \frac{\partial \partial e a_B}{m^2 \cdot 3.6^2 \cdot 10^6 \cdot 2g \cdot \rho_{gH}} \\ b_B = \frac{f_{op}^2}{m^2 \cdot \rho_{gH}^2} \cdot \left(\frac{b_6 \cdot \rho_{gH}}{f_{op}^2 \cdot 3.6 \cdot 10^6 \cdot 2g} - E_2 \right) \\ c_B = E_1 \cdot \frac{f_{op}}{m \cdot \rho_{gH}} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} Q_g &= \frac{2f_{op} \cdot q_w}{m(\rho_{gH} - \rho_{gK})}; \\ G_w &= f_{op} \cdot q_w; \\ Q_w &= \frac{G_w}{\rho'_w}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \rho'_w &= 1000.26 - 0.56136E - 2 \cdot t_r^2 + \\ &+ 0.9513E - 5 \cdot t_r^3 + \\ &+ 0.13226E - 6 \cdot t_r^4 - 0.86218E - 9 \cdot t_r^5 + \\ &+ 0.04421P_r - 5.060804P_r t_r^{-4} - \\ &- 3.353914t_r^2 \end{aligned} \quad (7)$$

$$G_{и} = \frac{G_w \cdot c_w \cdot (t_r - t_x) \cdot (d^K - d^H)}{(h_g^K - h_g^H) - c_w \cdot t_x \cdot (d^K - d^H)}; \quad (8)$$

$$\begin{aligned} N_B &= \frac{Q_g \cdot P_B}{1000 \cdot \eta} \\ &= k_1 \cdot Q_g^3 + k_2 \cdot Q_g^2 + k_3 \cdot Q_g; \end{aligned}$$

$$N_B^{пр} = \frac{N_B}{n^3}$$

$$\begin{cases} g \cdot \rho_w \cdot dx = \mu_w \cdot \frac{\partial^2 \omega_y}{\partial x^2} \cdot dx = 0 \\ \text{граничные условия: } \text{прих} = 0, W_y = 0 \\ \text{прих} = \delta, \frac{\partial \omega_y}{\partial x} = -\frac{\tau_\phi}{\mu_w} \\ \text{где } \tau_\phi = \frac{(d_{BH} - 2\delta) \cdot \Delta P}{4 \cdot h_{op}} \end{cases} \quad (9)$$

$$\begin{cases} \frac{\pi \cdot d_3^3}{6} \cdot \rho_w \cdot \frac{dU_{отн}}{d\tau} + \\ + \xi \cdot \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \rho_g \cdot \frac{U_{отн}^2}{2} = \\ = \frac{g \cdot \pi \cdot d_3^3}{6} \cdot (\rho_w - \rho_g) \end{cases} \quad (10)$$

$$\text{Начальные условия: } \tau = 0, U_{отн} = 0$$

$$d_s - d = \frac{1220}{r} \left(\frac{\mu_g}{\rho_g \cdot D} \right)^{0.56} \cdot (T_c - T_m); \quad (11)$$

$$D = 0.475733E - 6 \cdot \frac{T_c^{1.5}}{P_6}$$

где h_g^t , h_s^t - энтальпия воздушного потока и насыщенного воздуха при температуре t воды, кДж/кг; h_s^K , h_s^H - энтальпия воздушного потока при температуре влажного термометра на входе («н») и выходе («к») из градирни, кДж/кг;

рассчитывается аналогично h_s^t ; m - массовое отношение воды и воздуха, кг/кг; P_6 - барометрическое давление атмосферного воздуха, кПа; P_s^t , P_s^H , P_s^K - давление насыщенного пара, кПа, соответственно при температуре t воды, влажного термометра на входе t_m^H и выходе t_m^K из градирни; значения P_s^H , P_s^K - вычисляются по (2) при соответствующей температуре; t_x , t_r - температура холодной и горячей воды, °C; c_w , ρ_w - удельная теплоемкость, кДж/(кг град) и плотность, кг/м³ воды при атмосферном давлении; r - теплота испарения воды, кДж/кг; T - абсолютная температура воды, воздуха, К; q_w - массовая плотность орошения в градирне, кг/(м²с); P_B - полный напор вентилятора, Па; Q_g - объемная подача воздуха вентилятором, м³/с; A , a_2 , a_3 - эмпирические коэффициенты; значения A и a_2 приведены в справочной литературе [4]; ρ_{gH} , ρ_{gK} - плотность атмосферного воздуха на входе и выходе из градирни, кг/м³; f_{op} - площадь орошения градирни в плане, м²; E_1 , E_2 , d_B - коэффициенты аппроксимирующей зависимости паспортной аэродинамической характеристики; a_6 , b_6 - постоянные коэффициенты, зависящие от конструкции градирни [4]; g - ускорение свободного падения, м/с²; G_w , Q_w - массовый и объемный расход горячей воды, кг/с, м³/с; ρ'_w - плотность горячей воды, зависящая от ее температуры t_r (°C) и давления в водораспределителе P_r (10·МПа), кг/м³; $G_{и}$ - количество испарившейся воды, кг/с; d^H , d^K - содержание влаги в воздухе, при температуре сухого термометра, на входе и выходе из градирни соответственно, кг/(кг сухого воздуха); N_B , $N_B^{пр}$ - активная мощность, потребляемая электроприводом вентилятора (кВт) и приведенная мощность, кВт·с; k_1 , k_2 , k_3 - коэффициенты уравнения для мощности, определяемые при идентификации модели; n - скорость вращения вала вентилятора, с⁻¹; x , y - оси координат; δ , ω , μ_w - соответственно толщина водяной пленки, м; скорость течения, м/с; вязкость, Па·с; τ - время, с; τ_ϕ - напряжение трения на границе раздела фаз, Н/м²; ΔP - потеря давления (Н/м²) воздуха в трубке оросителя с внутренним диаметром d_{BH} (м) и длиной h_{op} (м); $U_{отн}$ - относительная скорость движения водяной капли с эквивалентным диаметром d_3 (м), м/с; ξ - безразмерный коэффициент сопротивления движению капли воды, зависящей от числа Рейнольдса Re_g воздушного потока;

$$\xi = \frac{C_1}{Re_g} + \frac{C_2}{Re_g^2} + \frac{C_3}{Re_g^{0.5}} + \frac{C_4}{Re_g^{0.6}} + \frac{C_5}{Re_g^{0.7}} + C_6 \ln Re_g + \frac{C_7}{\exp(Re_g^{0.5})} + C_8 \frac{\ln Re_g}{Re_g} + C_9 \cdot Re_g \cdot \ln Re_g \quad (12)$$

при $6E - 4 \leq Re_g \leq 2E + 5$

$C_1 \dots C_9$ - регрессионные коэффициенты; d - влагосодержание воздуха при температуре t_c сухого термометра, кг/(кг сухого воздуха);

$$d = \frac{0.6221E - 2 \cdot \varphi \cdot P_s^{t_c}}{P_6 - \varphi \cdot P_s^{t_c}};$$

d_s - влагосодержание воздуха в насыщенном состоянии при температуре t_m влажного термометра, кг/(кг сухого воздуха);

$$d = \frac{0.6221 \cdot P_s^{t_m}}{P_6 - P_s^{t_m}};$$

φ - относительная влажность воздуха, %; μ_g - вязкость влажного воздуха, Па·с; D - коэффициент диффузии водяного пара в воздухе при атмосферном давлении, м²/с.

Модель позволяет связать воедино процессы тепло - и массообмена, происходящие в градирне с потреблением вентиляторным блоком электрической энергии. Она справедлива при следующих допущениях:

1) температура воды на границе раздела фаз равна среднемассовой температуре воды;

2) воздух на поверхности раздела фаз является насыщенным;

3) тепловой поток от воды к воздуху по нормали к поверхности раздела зависит от разности энтальпий воздуха и воды на поверхности раздела и среднемассовой энтальпии;

4) вода и воздух распределяются равномерно по площади сечения оросителя.

Зависимость (1) является модифицированным нами уравнением Меркеля. Она связывает параметры, характеризующие заданные требования к охлаждению с характеристиками теплообмена в градирне. Левая часть (1) рассчитывается без учета характеристики насадки, а правая, зависящая от конструкции оросителя, определяется экспериментально [4].

Выражение (3) получено из баланса энтальпий воздуха и воды с учетом поправки на испарение воды, а (4) - из уравнения Клаузира-Клапейрона и экспериментальных значений давления насыщенных паров воды, определенных по зависимости (2) [1].

Уравнение (5) получено из условия равенства полного напора вентилятора и аэродинамического сопротивления градирни с учетом

подачи вентилятора (6), а (8) - из теплового и материального балансов охладителя.

Дифференциальное уравнение гидродинамического равновесия (9) водяной плёнки получено из уравнения Навье-Стокса.

Из его решения определяется средняя скорость течения плёнки:

$$\omega_{cp} = \frac{1}{\delta} \int_0^\delta \omega dx = \frac{\rho_w \cdot g \cdot \delta^2}{\mu_w} \left(\frac{1}{3} - \frac{\tau_\phi}{2\rho \cdot g \cdot \delta} \right); \quad (13)$$

Линейная плотность орошения связана со средней скоростью течения плёнки уравнениями:

$$L = \frac{Q_w}{\kappa \cdot \pi \cdot d_{BH}}; \quad (14)$$

L - расход горячей воды на l м периметра трубки, м³/с; κ - количество трубок в полиэтиленовом оросителе.

Скорость движения воздуха на выходе из оросителя определяется из условия неразрывности воздушного потока:

$$\omega_g = \frac{G_w}{m \cdot \rho_g \cdot (r_{BH} - \delta)^2 \cdot 0.785 \cdot \kappa}. \quad (15)$$

Предельное значение ω_g^{max} этой скорости определяется из равенства нулю поверхностной скорости воды:

$$\omega_g^{max} = 2 \sqrt{\frac{\rho_w \cdot g \cdot \delta}{\lambda \cdot \rho_g}}, \quad (16)$$

где ρ_g - плотность насыщенного воздуха при атмосферном давлении, кг/м³, ρ_w - плотность воды при атмосферном давлении, кг/м³, λ - коэффициент сопротивления.

Свободно падающая сферическая капля воды (уравнение (10)) вначале движется с ускорением $dU_{отн}/d\tau$ и достигает постоянной скорости $U_{отн}$ в момент времени, когда сила тяжести уравновесит силы Архимеда и газодинамического сопротивления воздуха. Ввиду малости времени ускоренного движения им можно пренебречь и уравнение (10) принимает вид:

$$\xi \frac{\pi \cdot d_3^2}{4} \cdot \frac{U_{отн}^2}{2} \cdot \rho_g = g \frac{\pi \cdot d_3^3}{6} (\rho_w - \rho_g),$$

откуда

$$U_{отн} = \sqrt{\frac{4g \cdot d_3 \cdot (\rho_w - \rho_g)}{3\rho_g \cdot \xi}}; \quad (17)$$

где d_3 - эквивалентный диаметр капли, должен удовлетворять условию $d_3 < 2$ мм, которое выполняется в современных распылительных градирнях [3], а ξ в этом случае рассчитывается по (12).

Если пренебречь эффектом турбулентности, то в (17) можно заменить $U_{отн}$ на ω_g^{max} и, умножив обе части на ρ_g / μ_g^2 , получим выражение для расчета ω_g^{max} .

$$\xi(Re_g^{max})^2 = \frac{4g \cdot \rho_g \cdot d_3^3 \cdot (\rho_w - \rho_g)}{3\mu_g^2}, \quad (18)$$

где

$$Re_g^{max} = \frac{\omega_g^{max} \cdot d_3 \cdot \rho_g}{\mu_g}, \quad (19)$$

d_3 - эквивалентный диаметр капли, м.

Из-за низкой надёжности в промышленных условиях психрометрический метод измерения влажности не используется. В этой связи для расчёта температуры влажного термометра служит уравнение (11), предложенное Бедингфилдом и Дрю.

Интегрирование левой части (1) выполнено методом Симпсона с шагом 1Е-2С. Решение уравнения (5), расчёт скорости ω_g^{max} и температуры влажного термометра реализован методом простой итерации. Решение (5) имеет един-

ственный положительный корень. Коэффициенты регрессий (2), (7), (12), определены методом наименьших квадратов при обработке экспериментальных данных о давлении насыщенного пара, плотности чистой воды, сопротивления воздуха и поверхностном натяжении воды.

Таким образом, разработана математическая модель процесса охлаждения циркуляционной воды в градирне с искусственной тягой, учитывающая особенности движения жидкости в оросителе и позволяющая определять температуру адиабатического насыщения воздуха методом «мокрого» термометра без ее непосредственного измерения. Модель предназначена для управления данным процессом в реальном времени.

ЛИТЕРАТУРА

1 Арапов Д.В. и др. Оптимальный режим водоблока ТЭЦ // Сахар. 2009. № 6. С. 50-56.

2 Пат. №2316165, RU, C2 7 F28 C 1/00. Способ управления процессом охлаждения оборотной воды в блоке градирен / Курицын В.А. и др. №2007144470/ 06; Заявл. 29.11.2007; Оpubл. 10.07.2009, Бюлл. № 19.

3 Пат. № 222850, RU, C2 7 F28 C 1/00. Способ охлаждения жидкости в градирне / Иванов В.Б. № 2002112838/06; Заявл. 16.05.2002; Оpubл. 10.05.2004, Бюлл. № 13.

4 Пономаренко В.С., Арефьев Ю.И. Градири промышленныx и энергетических предприятий: справ. пособие. М: Энергоатомиздат, 1998. 376 с.

5 Гельфанд Р.Е. Уравнения тепломассообмена и соотношение между коэффициентами отдачи в теории и практике технологических расчетов градирен // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2006. Т. 245. С. 196-204.

6 Дячек П.И. Холодильные машины и установки: учеб. пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2007. 424 с.

1 Arapov D.V. et al. Optimum mode of waterblock of heat electropower station. *Sakhar*. [Sugar], 2009, no. 6, pp. 50-56. (In Russ.).

2 Kuritsyn V.A. et al. Sposob upravleniia protsessom okhlazhdenia oborotnoi vody v bloke gradiren [Control method of process of cooling recycled water in the block of cooling towers]. Patent RF, no 2316165, 2009. (In Russ.).

3 Ivanov V.B. Sposob okhlazhdenia zhidkosti v gradirne [Method of cooling liquid in the cooling tower]. Patent RF, no 222850, 2004. (In Russ.).

4 Ponomarenko V.S., Aref'ev Yu.I. Gradirni promyshlennykh i energeticheskikh predptiatii [Cooling towers of industrial and energy enterprises], Moscow, Energoatomizdat, 1998. 376 p. (In Russ.).

5 Gel'fand R.E. The equations of heat and mass transfer and relationship between the recovery factor in the theory and practice of technological calculations. *Izvestiia VNIIG. im. B.E. Vedeneyeva*. [Bulletin of All-Russian Research Institute of Hydraulic Engineering], 2006, vol. 245, pp. 196-204. (In Russ.).

6 Diachek P.I. Kholodil'nye mashiny i ustanovki. [Refrigerating machines and installations], Rostov, Feniks, 2007. 424 p. (In Russ.).

УДК 534.131

Профессор Е.Д. Чертов, доцент М.А. Васечкин,
доцент Е.В. Матвеева

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технической механики. тел. (473) 255-47-20
E-mail: vmax77@mail.ru

профессор. О.А. Носов

(Белгор. гос. технол. ун-т им. В. Г. Шухова) кафедра «Технологические комплексы,
машины и механизмы». тел. (472) 230-99-44
E-mail: lidart2@mail.ru

Professor E.D. Chertov, associate Professor M.A. Vasechkin,
associate professor E.V. Matveieva

(Voronezh state university of engineering technology) Department of technical mechanics.
phone (473) 255-37-51

E-mail: gnu_iniish@mail.ru

Professor O.A. Nosov

(Belgorod, Russia, State Technological University by V.G. Shukhov)

Department of technological systems, equipment and machinery. phone (472) 230-99-44

E-mail: lidart2@mail.ru

Математическое моделирование квазистационарного режима запитывания несущего воздушного буфера

Mathematical modelling of quazisteady mode of bearing air buffer filling

Реферат. На сегодняшний день единственным способом устранения контакта с изделием в процессе изготовления является создание под его опорной поверхностью воздушного буферного слоя, образующегося за счет истечения рабочей среды сквозь отверстия перфорированных газораспределительных решеток форм. В статье предложен способ бесконтактного формирования изделий из композиционных материалов с помощью воздушного буфера. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований гидрогазодинамических процессов, протекающих при отливке органоминерального композиционного материала на несущий воздушный буфер, выраженные в виде математического описания, реализующего оригинальные гипотезы, отраженные в выборе алгоритма преобразований и граничных условий. На основе полученной математической модели разработан алгоритм расчета оптимальных параметров транспортирующих систем с дискретно запитываемым газовым буфером. Предложен способ удержания полуфабриката на газовом буфере, позволяющий выравнивать поле давления под опорной поверхностью объекта удержания, за счёт использования в пневматических камерах устройств псевдоожиженного зернистого материала. Применение данного способа позволяет исключить возможность возникновения контакта композиционного материала с рабочими поверхностями оборудования, а также существенно снизить затраты на производство пневматических устройств, улучшить эксплуатационные характеристики такого оборудования. Представленные зависимости позволили разработать методологию и реализацию инженерного расчета устройств для бесконтактной отливки композиционных материалов на воздушный буфер, полупромышленные и промышленные варианты которых были созданы и внедрены в производство.

Summary. Today the only way to eliminate contact with the product during the manufacturing process is to provide a support surface under its support surface air buffer layer formed due to the expiration of the working environment through holes perforated gas distribution grids forms. There proposed the method of contactless formation of products consisting of composite materials by the means of air buffer in the article. The results of theoretical and experimental investigations of hydro-gas-dynamic processes occurring when casting of organic- mineral composite material onto the bearing air buffer expressed in the form of mathematical description realizing original hypotheses reflected in the choice of transformation algorithm and limiting conditions are presented. On the base of obtained mathematical model the algorithm of calculation of optimum parameters of transporting systems with discretely powered gas buffer is developed. The method of deduction of a semi-finished product on the gas buffer, which allows to level the pressure field under the bearing surface of the deduction object due to the usage of devices of pseudo fluidized granular material in pneumatic chambers is offered. The application of this method allows to eliminate the possibility of contact between the composite material and the working surface of the equipment and also to reduce the cost of production of pneumatic devices, to improve operational characteristics of this equipment. Submitted depending allowed to develop the methodology and implementation of engineering calculation device for non-contact casting composite materials on air buffer, semi-industrial and industrial variants were created and put into production.

Ключевые слова: несущий воздушный буфер, композиционные материалы, колебательные процессы, зернистый материал.

Keywords: bearing air buffer, composite materials, oscillatory processes, granular material.

© Чертов Е.Д., Носов О.А., Васечкин М.А., Матвеева Е.В., 2014

В настоящее время в ряде отраслей промышленности, в частности при производстве элементов строительных конструкций и дорожных сооружений применяются изделия, получаемые методом свободного литья из современных композиционных материалов. Следует отметить, что последние до момента кондиционного застывания обладают повышенными адгезионными свойствами. При этом с целью повышения рентабельности производства в настоящее время используются твердые антиадгезионные покрытия или жидкие смазки. Однако, первые дорогостоящи и недостаточно долговечны, а вторые существенно влияют на поверхностные свойства изделий (в частности, затрудняют процессы окрашивания или нанесения люминесцентных покрытий). Между тем, существует возможность бесконтактно воздействовать на полуфабрикат, а, следовательно, не только полностью исключить адгезию, но и обеспечить оптимальные режимы обработки.

На сегодняшний день единственным способом устранения контакта с изделием в процессе изготовления является создание под его опорной поверхностью воздушного буферного слоя, образующегося за счет истечения рабочей среды сквозь отверстия перфорированных газораспределительных решеток форм [1, 2, 3].

Формование на воздушном буфере сопровождается сложными гидрогазодинамическими и колебательными процессами [4]. Особенности механики взаимодействия композиционного материала, обладающего сложным сочетанием реологических свойств, со струями воздуха в настоящее время изучены недостаточно.

Авторами предлагается один из подходов к математическому описанию процессов, протекающих при отливке на воздушный буфер, основанный на гипотезах, подтвержденных наблюдениями и экспериментами.

В общем случае движение газа в зазоре переменной толщины между двумя поверхностями можно описать системой Навье-Стокса и уравнением неразрывности.

Так как при удержании на несущем газовом буфере нетвердого тела толщина буфера является функцией не только времени, но и радиуса, то с учетом допущений, известных из теории газовой смазки, систему уравнений Навье-Стокса можно переписать в следующем виде:

$$\begin{cases} \rho \frac{\partial V_r}{\partial t} + \rho V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} = -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu \frac{\partial^2 V_r}{\partial z^2}; \\ \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{1}{r} \frac{\partial (\rho r V_r)}{\partial r} = 0; \\ \frac{\partial p}{\partial z} = 0; \\ \frac{\partial p}{\partial \varphi} = 0; \end{cases} \quad (1)$$

где μ – динамическая вязкость газа, Па·с.

Выражение для определения скорости по высоте буферного слоя можно записать:

$$V_r = \frac{C_1}{r} (z^2 - hz). \quad (2)$$

Подставляя выражение для распределения скорости по высоте буферного слоя (2) в систему (1) и исключая плотность ρ , с учётом уравнения состояния газа получаем следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} -\frac{\partial \rho_a}{\partial t} \frac{z \tilde{N}_1}{r} \frac{\partial h}{\partial t} - \frac{\partial \rho_a}{\partial a} \frac{\tilde{N}_1^2}{r} \left(\frac{z^2 - hz}{r} + \frac{z}{r} \frac{\partial h}{\partial r} \right) \times (z^2 - hz) = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{2\mu C_1}{r}; \\ \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{C_1}{r} \left((z^2 - hz) \frac{\partial p}{\partial r} + pz \frac{\partial h}{\partial r} \right) = 0; \end{cases} \quad (3)$$

где ρ_a – плотность воздуха при атмосферном давлении, кг/м³; p_a – атмосферное давление, Па; C_1 – произвольная постоянная, не зависящая от координаты r .

Или, усредняя по z :

$$\begin{cases} -\frac{p p_a}{p_a} \frac{h}{r} \frac{\partial (h C_1)}{\partial t} - \left(-\frac{h^4 p p_a}{30 p_a} \frac{C_1^2}{r} + \frac{h^3 p p_a}{12 p_a} \frac{C_1^2}{r} \right) = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{2\mu C_1}{r}; \\ \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{C_1}{r} \left(-\frac{h^2}{6} \frac{\partial p}{\partial r} + p \frac{h}{2} \frac{\partial h}{\partial r} \right) = 0. \end{cases} \quad (4)$$

Система (4) является системой двух дифференциальных уравнений в частных производных относительно двух функций $p(r,t)$ и $h(r,t)$. Ее решение в явном виде аналитически невозможно. Кроме того, решение в таком виде не учитывает реологические свойства легкодеформируемой массы, что является значительным недостатком такого подхода к моделированию гидрогазодинамических процессов, происходящих в системе “цилиндрическое сопло – дискретно запитываемый буферный слой – легкодеформируемая масса”.

Рассмотрим отдельный коаксиально расположенный фрагмент легкодеформируемой массы с площадью опорной поверхности dA ,

находящийся на газовом буферном слое (рисунок 1). На него действуют следующие силы: сила тяжести цилиндра mg ; результирующая сил давления со стороны буферного слоя PdA (где A - площадь опорной поверхности фрагмента); сила трения между соседними цилиндрами, направленная в сторону, противоположную движению элементарного цилиндра $F_{тр}$.

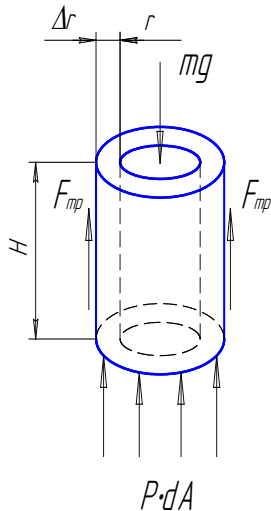


Рисунок 1. Расчетная схема

Выражение для определения силы, действующей на отдельный коаксиально расположенный фрагмент со стороны буферного слоя, можно записать в следующем виде:

$$F = -ch,$$

где c – коэффициент жёсткости буферного слоя, Н/м; h – высота буферного слоя, м.

Рассматривая несущий газовый буфер под опорной поверхностью легкодеформируемой массы как систему, обладающую упругими и вязкостными свойствами, можно записать выражение для определения силы, действующей со стороны буферного слоя на отдельный фрагмент объекта удержания:

$$F = -cz = -2C\dot{z}.$$

Показатель демпфирования, учитывающий вязкостные свойства газов, в этом случае можно записать в виде:

$$C = \mu\pi R,$$

где R – радиус удерживаемого объекта, м.

Жесткость легкодеформируемой массы определяется следующим образом:

$$c = 2\pi\pi R. \quad (5)$$

Так как давление в газовом буферном слое не является постоянной величиной, то выражение (5) примет вид:

$$c = 2(p_{cp} + \Delta p)\pi R, \quad (6)$$

где p_{cp} – среднее давление в буферном слое, равное давлению при стационарном удержании твердого тела на некоторой высоте, равной стационарной толщине слоя в момент времени $t=0$, Па; Δp – отклонение давления в буферном слое от стационарного значения за счёт изменения расхода воздуха, Па.

Запишем отклонение давления от стационарного значения, обозначив его как некоторую вынуждающую силу:

$$F_{bc} = \Delta p\pi Rz = \frac{\rho Q_{cp}^2}{\eta S_{cp}} \sin(\omega t),$$

где Q_{cp} – средний расход газа через сопло за один период перекрытия, м³/с; S_{cp} – среднее значение открытой площади сопла в случае дискретного запитывания, м²; ω – частота дискретности запитывания, с⁻¹.

Жесткость буфера и отклонение давления изменяются в зависимости от радиуса. Учитывая зависимость давления под опорной поверхностью твердого тела от текущего радиуса, предположим экспоненциальный вид распределения давления в несущем газовом буфере под опорной поверхностью легкодеформируемой массы. Тогда выражения для жесткости буфера и вынуждающей силы, обусловленной отклонением давления в буферном слое от стационарного значения за счет изменения расхода газа в буфере, можно записать в виде:

$$c = 2\pi\pi R \ln\left(\frac{R}{r}\right), \quad (7)$$

$$F_{bc} = \frac{\rho Q_{cp}^2}{\eta S_{cp}} \sin(\omega t) \ln\left(\frac{R}{r}\right). \quad (8)$$

На отдельный коаксиально расположенный фрагмент действует также сила трения со стороны соседних фрагментов. Она учитывает реологические свойства полуфабриката и обусловлена наличием возникающих при течении легкодеформируемых масс касательных напряжений:

$$F_{тр} = \tau\pi H, \quad (9)$$

где τ – напряжение сдвига фрагментов материала легкодеформируемой массы, Па; H – высота отдельного коаксиально расположенного фрагмента, м.

Для определения напряжений сдвига, возникающих в процессе течения легкодеформируемых масс, удобно использовать степенной закон Освальда де Вила:

$$\tau = \tau_0 \left| \frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0} \right|^{n(t)};$$

или

$$\tau = \frac{r}{2} \frac{dp}{dz}, \quad (10)$$

где τ_0 – напряжение трения легкодеформируемой массы, Па; $\dot{\gamma}_0$ – скорость сдвига в приведенном состоянии, c^{-1} ; $\dot{\gamma}$ – тензор скоростей сдвига, c^{-1} ; $n(t)$ – индекс течения; $\frac{dp}{dz}$ – градиент давления по оси z , Па/м.

С учетом (10) выражение (9) можно переписать следующим образом:

$$F_{тр} = \frac{2\pi r K_K}{\Delta r^{n(t)}} |\dot{z}|^{n(t)} (rH + (r + \Delta r)(H - \Delta H)), \quad (11)$$

где K_K – коэффициент консистенции.

Уравнение движения отдельного коаксиально расположенного фрагмента под действием сил, действующих со стороны буферного слоя, и сил, возникающих внутри объекта удержания, можно записать следующим образом:

$$m\ddot{z} + C\dot{z} + cz = F_{вс} + F_{тр}, \quad (12)$$

где m – масса фрагмента, кг.

С учетом уравнений (6), (7), (8) и (11) выражение (12) примет вид:

$$m\ddot{z} + 2\mu\pi rz + \pi r \ln\left(\frac{R}{r}\right) z = F_{вс} \sin(\omega t) \ln\left(\frac{R}{r}\right) + \frac{2\pi r K_K}{\Delta r^{n(t)}} |\dot{z}|^{n(t)} (rH + (r + \Delta r)(H - \Delta H)) \quad (13)$$

Полученное уравнение описывает изменение толщины несущего газового буфера, образованного под опорной поверхностью легкодеформируемой массы при его дискретном запитывании, от начального стационарного значения. Характер зависимости говорит о том, что оно справедливо при значении текущего радиуса $r \neq 0$. Кроме того, решением уравнения является непрерывная периодическая функция $z(t, r)$, возрастающая с увеличением времени t и радиуса r . Таким образом, можно сделать следующий вывод: в зависимости от реологических свойств полуфабриката можно подобрать значения расхода газа в буферном слое и частоты дискретности запитывания буферного слоя ω , при которых $z(t, r)$ будет принимать минимальные значения.

В рамках анализа полученных моделей несущих и транспортирующих систем необходимо найти оптимальные параметры функционирования вышеопределенной системы, с этой целью разработан алгоритм расчета оптимальных параметров транспортирующих систем с дискретно запитываемым газовым буфером,

блок-схема которого представлена на рисунке 2. Это необходимо для того, чтобы получить конкретные значения частоты дискретности запитывания буфера для оптимальной работы устройств с газовым буферным слоем, в зависимости от параметров объекта удержания. Следует отметить, что решение подобной задачи с использованием аналитически полученной модели невозможно, оно проводилось с помощью регрессионных уравнений, составленных в результате обработки массива решений уравнения (13) по методике, изложенной в работе [5].

Для решения задачи оптимизации параметров несущих и транспортирующих систем, при которых значение расстояния между осями отверстий распределительной решетки a_w имеет максимум, условие оптимизации можно сформулировать следующим образом:

$$a_w = \frac{1}{2}(x, c_n x) + (d_n x) \rightarrow \max,$$

где $n=1$, $x = (x_1, x_2, x_3)$, $-1 \leq x_i \leq 1$ ($i = 1, 2, 3$); c_n – матрица; d_n – векторы, составленные из соответствующих коэффициентов регрессионных уравнений.

Для решения задачи многокритериальной оптимизации можно воспользоваться симплексным методом. Сравнивая значения опытов в начальных точках, найдем минимальное значение функции отклика. Исключая этот опыт из рассмотрения, введем в рассмотрение опыт в новой точке, симметричной исключенной, относительно противоположной стороны многоугольника. Эта процедура повторяется в течение всего процесса оптимизации, в результате чего симплекс “движется” по области определения функции, если достигнут экстремум оптимальности, то дальнейшее движение симплекса прекращается. При этом любой новый шаг будет возвращать симплекс в предыдущую точку факторного пространства (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Матрица опытов исходного симплекса
в кодированных переменных

Номер опыта	X_1	X_2	X_3	Функция отклика
1	k_1	k_2	k_3	Y_1
2	$-R_1$	k_2	k_3	Y_2
3	0	$-R_2$	k_3	Y_3
4	0	0	$-R_3$	Y_4

Величины, входящие в таблицу 1, можно рассчитать по формулам:

$$k_i = \sqrt{\frac{1}{2i(i+1)}},$$

$$R_i = i \cdot k_i,$$

где i – номер фактора в матрице планирования.

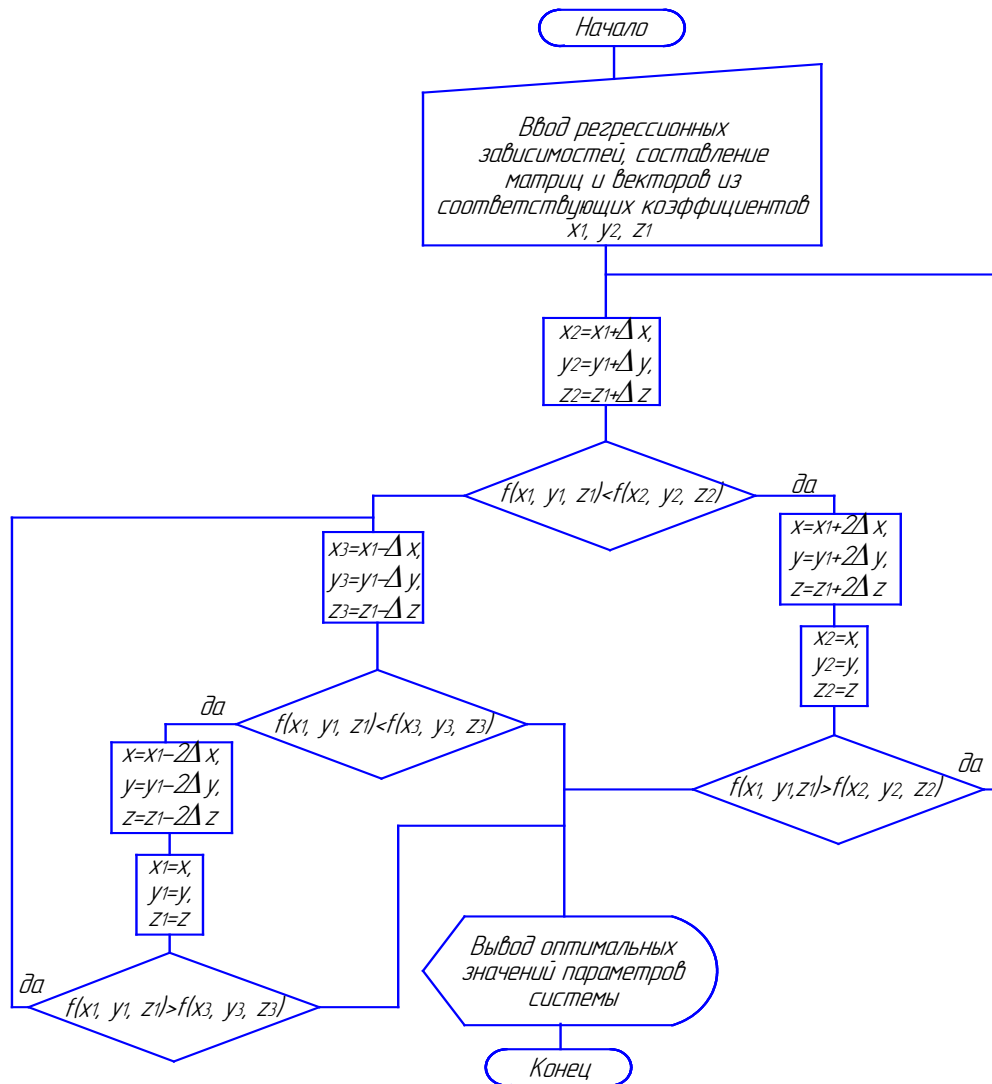


Рисунок 2. Алгоритм расчета оптимальных параметров транспортирующих систем с дискретно запрашиваемым буферным слоем

При конструировании оборудования для удержания, транспортирования и взвешивания легкодеформируемой массы на буферном слое предъявляются повышенные требования к подбору диаметра отверстий газораспределительной решетки и расстоянию между их центральными осями, что в свою очередь влияет на равномерность распределения давления в буфере.

В настоящее время равномерное распределение давления в газовом буферном слое, а, следовательно, и удержание на нем легкодеформируемой массы обеспечивается использованием для изготовления несущей поверхности устройств дорогостоящих материалов с хаотично ориентированными часто расположенными порами.

Кроме того, в ряде случаев необходимо оперативно изменять расход рабочей среды, что не представляется возможным в связи с большими объемами пневматических камер таких устройств.

Решить данные проблемы позволяет способ удержания полуфабриката на газовом буферном слое, применение которого позволит исключить возможность возникновения эффекта “пневмозахвата”, при этом существенно снизить затраты на производство пневматических устройств; улучшить эксплуатационные характеристики такого оборудования [6].

Пусть внутренний объем камеры 1 с газораспределительной решеткой частично заполнен зернистым материалом 2 (рисунок 3). Газ, поступая в камеру 1 и проходя через отверстия газораспределительной решетки при установившемся течении среды, приводит зернистый материал 2 в состояние кипящего слоя, при этом размеры и форма каналов, образовавшихся в толще зернистого слоя, меняются с настолько большой скоростью, что поле давления в буферном слое под опорной поверхностью объекта удержания 3 допустимо считать однородным.

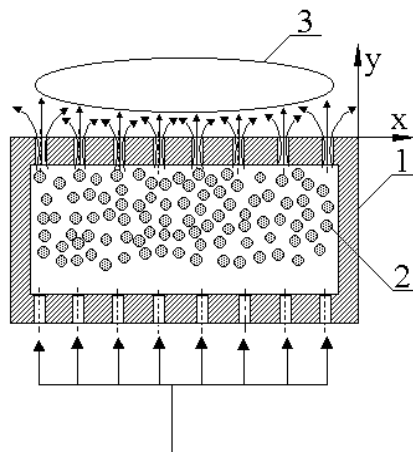


Рисунок 3. Способ удержания легкодеформируемой массы на буферном слое: 1 – пневмокамера; 2 – зернистый материал; 3 – легкодеформируемая масса

В основе методики синтеза подобных устройств лежит алгоритм расчета расхода газа Q , необходимого для удержания полуфабриката, представленный на рисунке 2.

Давление газа в буферном слое между опорной поверхностью объекта удержания и газораспределительной решетки камеры можно считать постоянным по направлению осей X и Y , если выполняется условие:

$$U_{\text{ч}} \geq U_{\text{с}},$$

где $U_{\text{с}}$ – скорость оживающего агента на выходе из кипящего слоя, м/с; $U_{\text{ч}}$ – усредненная скорость частиц, м/с.

Эти величины связаны между собой зависимостями:

$$\begin{cases} U_{\text{чх}} = U_{\text{сх}} + K \frac{\partial p_f}{\partial x}; \\ U_{\text{чы}} = U_{\text{си}} + K \frac{\partial p_f}{\partial y}. \end{cases}$$

где p_f – осредненное давление среды в кипящем слое, Па.

Коэффициент пропорциональности:

ЛИТЕРАТУРА

1 Пат. №2301534, RU, А 23 G 51/03. Устройство для отливки корпусов конфет с оперативным управлением / Носов О.А., Носова Е.В., Васечкин М.А., Павловский М.Ю.; № 2006114232/13; Заявл. 25.04.2006; Опубл. 27.06.2007, Бюл. №18.

2 Носов О.А., Носова Е.В., Щербakov Д.С., Елисеев О.Н. Автоматизированный участок формования корпусов помадных конфет // Автоматизация и современные технологии. 2005. № 5. С. 9-12.

3 Носов О.А., Матвеева Е.В., Стоянова Н.В. Бесконтактное формование помадных

$$K_{\text{пр}} = \frac{1}{\eta_i} \sqrt{\frac{(\rho_3 - \rho)g(1 - \varepsilon)H_0}{\Delta P_p}},$$

где ε – порозность зернистого слоя; ρ_3 – плотность материала сферических зерен, кг/м³; η_i – коэффициент расхода газа через зернистый слой; H_0 – высота зернистого слоя в момент начала псевдоожива, м; ΔP_p – гидродинамическое сопротивление газораспределительной решетки, Па;

Скорость оживающего агента:

$$U_{\text{с}} = K_{\text{пр}} \sqrt{\frac{2p_f}{\rho}}.$$

Давление в пневмокамере:

$$P_{\text{к}} = P_{\text{а}} + \Delta P_0 + \Delta P_{\text{с}} + \Delta P_{\text{р}},$$

где $P_{\text{а}}$ – атмосферное давление, Па; $\Delta P_{\text{с}}$ – гидродинамическое сопротивление пористого слоя, Па; ΔP_0 – избыточное давление среды в буферном слое, Па.

Расход среды на удержание объекта:

$$Q = \pi \eta_i R_0^2 \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_{\text{а}}}},$$

где R_0 – радиус объекта, находящегося над отверстиями газораспределительной решетки, м.

Для определения величины расхода газа Q , необходимого для удержания легкодеформируемого материала, используются параметры оживающего агента и зернистого слоя.

Представленные зависимости позволили разработать методологию и реализацию инженерного расчета устройств для бесконтактной отливки композиционных материалов на воздушный буфер, полупромышленные и промышленные варианты которых были созданы и внедрены в производство.

конфет. Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та инж. технол., 2011. 78с.

4 Васечкин М.А., Матвеева Е.В., Проскурин А.В. Моделирование волновых процессов в несущей газовой прослойке // Автоматизация и современные технологии. 2011. № 11. С. 7-10.

5 Афанасьева Н.Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента: учеб. пособие для вузов. М.: КНОРУС, 2013. 330 с.

6 Носов О.А., Васечкин М.А., Рыжкова Е.А. Новый подход к проектированию бесконтактных транспортирующих систем // Автоматизация и современные технологии. 2013. № 3. С. 25-29.

REFERENCES

- 1 Nosov O.A., Nosova E.V., Vasechkin M.A., Pavlovskii M.Iu. Ustroistvo dlia otlivki korpusov konfet s operativnym upravleniem [The device for casting of shells for candies with operational management]. Patent RF, no. 2301534, 2007. (In Russ.).
- 2 Nosov O.A., Nosova E.V., Shcherbakov D.S., Eliseev O.N. Automated area for formation of shells for fondant candies. *Avtomatizatsiia i sovremennye tekhnologii*. [Automation and modern technologies], 2005, no. 5, pp. 9-12. (In Russ.).
- 3 Nosov O.A., Matveyeva E.V., Stoyanova N.V. Beskontaktnoe formovanie pomadnykh konfet [Contactless formation of fondant candies]. Voronezh, Izdatel'stvo VGUIT, 2011. 78 p. (In Russ.).
- 4 Vasechkin M.A., Matveeva E.V., Proskurin A.V. Modelling of wave processes in the bearing gas layer. *Avtomatizatsiia i sovremennye tekhnologii*. [Automation and modern technologies], 2011, no. 11, pp. 7-10. (In Russ.).
- 5 Afanasyeva N.Iu. Vychislitel'nye i eksperimental'nye metody nauchnogo eksperimenta [Calculating and experimental methods of scientific experiment], Moscow, KNORUS, 2013. 330 p. (In Russ.).
- 6 Nosov O.A., Vasechkin M.A., Ryzhkova E.A. New approach to design of contactless transporting systems. *Avtomatizatsiia i sovremennye tekhnologii*. [Automation and modern technologies], 2013, no. 3, pp. 25-29. (In Russ.).

УДК 629.11.012.533

Профессор В.К. Битюков, доцент А.А. Хвостов,
доцент И.А. Хаустов, доцент Д.И. Ребриков

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информ. и управл. систем тел. (473) 2553875
E-mail: rebrikov-vgta@rambler.ru

Professor V.K. Bitiukov, associate Professor A.A. Khvostov,
associate Professor I.A. Khaustov, associate Professor D.I. Rebrikov
(Voronezh state university of engineering technology) Department of information and control
systems. phone (473) 2553875
E-mail: rebrikov-vgta@rambler.ru

Использование сложных гармонических сигналов в задачах акустической спектрометрии эластомеров

Using of complex harmonious signals in problems of acoustic spectrometry of polymers

Реферат. В статье рассматриваются особенности определения акустических свойств полимеров с применением ультразвуковых колебаний. Показана возможность определения с помощью одного метода таких показателей качества как спектр времен релаксации полимера и функции молекулярно-массового распределения молекул в растворе, что приводит к увеличению времени проведения измерений. Для сокращения времени возможно сужение диапазона частот ультразвуковых колебаний, наносимых на измеряемый образец, или увеличение такта квантования регистрируемого сигнала с помощью осциллографа. При этом оба варианта приводят к снижению достоверности получаемой информации из-за возможного выхода за пределы эффективного частотного диапазона или потери высокочастотной составляющей регистрируемого сигнала при увеличении такта квантования. Для решения перечисленных проблем предложено использовать сложный гармонический сигнал, являющийся суперпозицией нескольких сигналов. Частоту сигналов необходимо выбирать, исходя из чувствительности каждого определяемого показателя качества эластомера. На конкретных примерах показано, что чувствительность для таких показателей качества как предел прочности и вязкость по Муни существенно зависит от частоты. Для первоначального исследования в случае, когда свойства материала заранее неизвестны и необходимо выявить эффективные диапазоны частот, для каждого определяемого свойства материала предложено использовать сигнал типа «белый шум», который позволит выявить диапазоны частот с наибольшей чувствительностью для каждого измеряемого показателя качества. Что, в свою очередь, связано с равномерным распределением спектральных составляющих частот по всему возможному частотному диапазону. Показана необходимость в определении эффективного диапазона времени регистрации и шага квантования в виду ограниченности технических возможностей средств регистрации электрических сигналов (осциллографов).

Summary. In article features of definition of acoustic properties of polymers with application of ultrasonic fluctuations are considered. The opportunity of definition with single method of such parameters of quality as a relaxation spectra of polymer and function of molecular-mass distribution in a solution that results in increase in time of carrying out of measurements is shown. For reduction of time, may use narrowing of a range of frequencies of the ultrasonic fluctuations rendered on the measured sample, or increase the step of quantization of a registered signal with the oscillograph. Thus both variants result in reduction in reliability of the received information because of a possible extends for limits of an effective frequency range or loss of a high-frequency component of a registered signal at increase in a step of quantization. For the decision of the listed problems it is offered to use the complex harmonious signal being superposition of several signals. Frequency is necessary for choosing proceeding from sensitivity of each determined polymer parameter of quality. On concrete examples it is shown, that sensitivity of such parameters of quality as strength and viscosity on Mooney essentially depends on frequency. For initial research, in a case when properties of a material beforehand are not known and it is necessary to reveal effective ranges of frequencies, for each determined property of a material, it is offered to use a signal such as «white noise» which will allow to reveal ranges of frequencies with the greatest sensitivity each measured parameter of quality. That, it is in turn connected to uniform distribution of spectral making frequencies on all possible frequency range. Necessity for definition of an effective range of time of registration and a step of quantization for a kind of limitation of technical opportunities of means of registration of electric signals (oscillographs) is shown.

Ключевые слова: «белый шум», спектр, математическая модель, акустическая спектрометрия полимеров.

Keywords: «white noise», spectra, mathematical model, acoustic spectrometry of polymers.

© Битюков В.К., Хвостов А.А., Хаустов И.А., Ребриков Д.И., 2014

Термомеханические методы исследования свойств эластомеров находят широкое применение в практике лабораторного и промышленного контроля качества. Термомеханические методы обладают простотой реализации и высокой информативностью, а также позволяют определить большое количество свойств эластомеров и их композитов (аморфность или кристалличность, влияние пластификаторов и наполнителей, температуры размягчения, стеклования, плавления, кристаллизации и т.д.). Широкая сфера применения термомеханического метода привела к созданию разнообразных приборов и методов контроля, предназначенных для определения конкретных показателей качества, использующихся в той или иной отрасли промышленности. Каждый из методов контроля характеризуется своим частотным диапазоном деформации испытуемого образца, температурным диапазоном и соответствующей методике единицы измерения (единицы вязкости по Муни, пластичности по Карреру и т.д.). Современные методы формирования и регистрации механических деформаций, которым подвергается эластомер, позволяют моделировать температурно-частотные условия разных методов контроля в рамках одного прибора, что открывает широкие возможности для создания универсальных, компактных и недорогих систем контроля спектра показателей качества эластомеров.

Разрабатываемая система контроля должна обеспечивать нанесение возмущающего сигнала на испытываемый образец, регистрацию прошедшего через образец сигнала и его обработку с целью соотнесения шкалы измерения регистратора и единицы измерения показателя качества эластомера.

Оценка показателей качества осуществляется по измеряемым акустическим свойствам образца [1]. По измеренным параметрам колебательных процессов, возбуждаемых в образце ультразвуковым преобразователем (амплитуд излученного и принятого сигналов $A_{изл}, A_{пр}$), регистрируемых приемником и осциллографом для передачи на ЭВМ, а также условий проведения измерений (частоты ω , Гц и температуры T , К) и толщины образца (h , м) определяются акустические свойства полимера (α – коэффициент затухания, м⁻¹; c – скорость звука, м/с;) при заданных ω и T :

$$c = \frac{2h}{\Delta t_\alpha}, \quad \alpha = \frac{1}{2h} \cdot \ln \frac{A_{изл}}{A_{пр}}, \quad (1)$$

где Δt_α – время прохождения сигнала от излучателя до приемника.

Анализ проводится как при фиксированных температурах и частотах воздействия, так и на основе акустической спектрометрии (сканировании в частотном или температурном диапазоне с определенным шагом). В результате сканирования формируется множество значений, отражающих распределение акустических свойств полимера по температуре и частоте $\overline{Sak} = \langle \alpha_i, c_i, \omega_i, \Delta\omega, T_i, \Delta T \rangle, i = \overline{1, N}$. По этим значениям осуществляется расчет распределений компонентов комплексного модуля упругости $\tilde{E}$ или тангенса угла механических потерь $tg\delta$ $\overline{Svp} = \langle E_i, \eta_i, tg\delta_i, \omega_i, \Delta\omega, T_i, \Delta T \rangle, i = \overline{1, N}$.

$$\begin{aligned} \tilde{E}(\omega) = E' + i\omega\eta = \rho c^2 \cdot \frac{1 - \left(\frac{\alpha c}{\omega}\right)^2}{\left[1 + \left(\frac{\alpha c}{\omega}\right)^2\right]^2} + \\ + i \cdot 2\rho c^2 \cdot \frac{\frac{\alpha c}{\omega}}{\left[1 + \left(\frac{\alpha c}{\omega}\right)^2\right]^2}, tg\delta = \frac{E''}{E'} \end{aligned} \quad (2)$$

Показатели качества, как правило, увязывают с параметрами кривой, полученной по данным акустической спектрометрии [2]. Например, температура релаксационного или фазового перехода T_n в диапазоне $T \in [T_{n\min}, T_{n\max}]$ при частоте измерения ω_0 определяется как:

$$T_n = \max_T (tg\delta(\omega_0, T)), \quad (3)$$

время релаксации τ_p при температуре T_0 определяется по частотной характеристике тангенса угла механических потерь:

$$\tau_p = \left\{ \max_\omega [tg\delta(\omega, T_0)] \right\}^{-1}. \quad (4)$$

По данным акустической спектрометрии можно оценить спектр времен релаксации полимера [3] и даже функцию молекулярно-массового распределения его раствора [4].

Необходимость оперативности контроля показателей качества требует максимального сокращения суммарного времени цикла анализа, включающего нанесение, регистрацию и обработку результатов воздействия при каждом шаге воздействия в процессе сканирования. Сокращение времени измерения возможно сужением диапазона сканирования или увеличением шага $\Delta\omega, \Delta T$. В первом случае потеря полезной информации возможна в результате

выхода за пределы частотного или температурного диапазона измерения, а во втором – за счет снижения частоты дискретизации.

Выходом из данной ситуации служит использование в качестве возмущающего сигнала не гармонического сигнала одной частоты ω , а сложного гармонического сигнала, являющегося суперпозицией нескольких гармонических сигналов с информативными для конкретной задачи частотами $\omega \in \Omega$, например $\Omega = \{1, 3, 5, 10\}$. Такой подход используется при исследовании динамических систем, таких как радиотехнические цепи [5].

В таком случае для селективности анализа излучаемых и принимаемых после прохождения через образец сигналов необходим способ независимого оценивания потерь для каждой из гармоник. Такие возможности представляет аппарат спектрального анализа [6]. Одним из эффективных способов является разложение исходного сигнала $S(t)$ в диапазоне $t \in [t_1, t_2]$, для которого выполняется условие:

$$\int_{t_1}^{t_2} [S(t)]^2 dt < \infty \quad (5)$$

в систему ортогональных функций $\{\varphi_n(t)\}$:

$$S(t) = C_0\varphi_0(t) + \dots + C_n\varphi_n(t) + \dots = \sum_{n=0}^{\infty} C_n\varphi_n(t). \quad (6)$$

Система представляет собой обобщенный ряд Фурье (6), причем каждый член ряда

$C_n\varphi_n(t)$ является спектральной составляющей, а совокупность коэффициентов $\{C_0, \dots, C_n, \dots\}$ – спектр сигнала $S(t)$. Суть спектрального анализа заключается в определении коэффициентов ряда (6). Кроме того, возможна как аппроксимация, так и разложение $S(t)$ с последующим анализом спектральных составляющих. Таким образом, эффективным средством исследования свойств эластомеров является использование сложных излучаемых акустических сигналов, состоящих из некоторого множества спектральных составляющих $\{C_0, \dots, C_n, \dots\}$. В реальном исследовании предполагается конечное число спектральных составляющих $N \in [n_1, n_2]$, обеспечивающих решение частной исследовательской задачи.

$$S(t) \approx \sum_{n=n_1}^{n_2} C_n\varphi_n(t) \quad (7)$$

Например, метрологические характеристики (чувствительность как отношение изменения измеряемого косвенного параметра к изменению показателя качества и погрешность оценок показателей качества) при измерении предельной прочности при разрыве σ_p и вязкости по Муни Mh по данным экспериментальных исследований [2] существенно зависят от частоты и температуры. В таблицах 1, 2 представлены результаты оценки погрешностей.

Т а б л и ц а 1

Относительные погрешность и чувствительность оценки σ_p для каучука СКС-30

Частота измерения, МГц	0,6	0,6	1,25	2,5
Температура измерения, К	373	293	293	293
Максимальная относительная погрешность, %	28,422	31,796	21,28	7,216
Средняя относительная погрешность, %	14,039	13,992	8,653	4,283
Относительная чувствительность	0,037	0,017	0,287	0,816
Критерий Фишера (расчетный)	0,197	0,352	2,55	3,229

Т а б л и ц а 2

Относительная погрешность и чувствительность оценки Mh для каучука СКС-30

Частота измерения, МГц	0,6	0,6	1,25	2,5
Температура измерения, К	373	293	293	293
Максимальная ошибка, %	1,933	2,465	9,356	9,318
Средняя ошибка, %	0,952	1,438	4,373	3,518
Относительная чувствительность	0,159	0,192	0,033	0,017
Критерий Фишера (расчетный)	4,49	4,6	0,383	0,48

Видно, что наилучшие характеристики по каждому показателю достигаются при определенных частотах ω_{Mh}^* и $\omega_{\sigma_p}^*$

Таким образом, целесообразно вести измерения с использованием сложных гармонических сигналов, представляющих суперпозицию нескольких гармонических сигналов с

частотами, соответствующими максимумам чувствительности и минимуму погрешности измерения для каждого показателя качества в общем случае:

$$S_{\Sigma}(t) = \sum_{n=1}^N A_n \sin(\omega_n t + \varphi_n), \quad (8)$$

и для случая анализа предельной прочности при разрыве и вязкости по Муни:

$$S_{\Sigma}(t) = A_{Mh} \sin(\omega_{Mh}^* t + \varphi_{Mh}) + A_{\sigma_p} \sin(\omega_{\sigma_p}^* t + \varphi_{\sigma_p}), \quad (9)$$

где $S_{\Sigma}(t)$ - сложный гармонический сигнал, $A_n, A_{Mh}, A_{\sigma_p}, \varphi_n, \varphi_{Mh}, \varphi_{\sigma_p}$ - амплитуды и фазы соответствующих составляющих гармоник сложного сигнала.

Далее, используя преобразование Фурье прошедшего через образец и принятого сигнала, определяются зоны частотных диапазонов, соответствующих максимумам в спектре принятого сигнала. Значения функции спектра характеризуют амплитуды соответствующих частот и, следовательно, отражают изменение этих амплитуд с изменением свойств материала в заданном частотном диапазоне (рисунок 1).

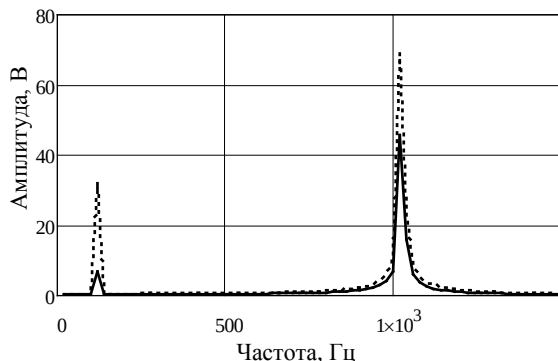


Рисунок 1. Пример амплитуд сигнала для определения двух показателей качества

Однако на первом этапе исследований заранее не известен набор необходимых для исследования частот или хотя бы их диапазон. В таком случае для исследований и выявления необходимых частотных диапазонов можно использовать сигнал типа белый шум, спектральные составляющие которого равномерно распределены по всему диапазону задействованных частот.

$$S(\omega) \rightarrow \text{const}, \forall \omega \in (-\infty; +\infty) \quad (10)$$

Одним из эффективных способов его использования является определение частотных характеристик динамических систем, т.к. амплитудно-фазовая частотная характеристика линейной системы есть отношение преобразования Фурье выходного сигнала к преобразова-

нию Фурье входного сигнала [5]. Также воздействие сигнала белый шум на вход системы используется в задачах идентификации динамических систем [5].

В генераторах есть возможность синтеза сигналов, моделирующих белый шум. Однако при осуществлении исследований у такого подхода возникает ряд трудностей – вероятность искажений из-за ограничений на время регистрации сигнала белого шума при фиксированном количестве точек сигнала, в связи с ограничением памяти регистратора осциллографа. При малых интервалах времени возникают искажения в низкочастотной области спектра, а при больших сигнал искажается в высокочастотной области ввиду снижения частоты дискретизации и, соответственно, потери информации. На рисунках 2, 3 представлены спектры сигнала белый шум, регистрация велась с помощью цифрового осциллографа RIGOL DS-1102.

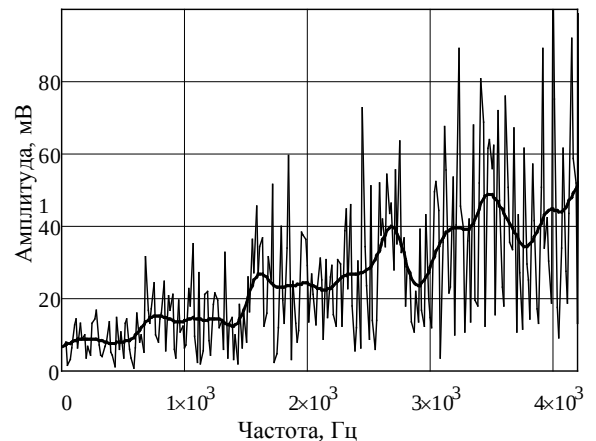


Рисунок 2. Спектр сигнала белый шум, записанный с помощью осциллографа RIGOL DS-1102

Представленные спектры получены для интервалов сигнала белый шум $4 \cdot 10^{-6}$, $4 \cdot 10^{-2}$ и 1 секунда, для визуализации результатов дополнительно использовалась фильтрация по алгоритму на основе ядра функции Гаусса (рисунок 2). Из представленных на рисунке 3 спектров видно, что с изменением интервала времени, при котором регистрируется спектр, довольно существенно проявляется отклонение от равномерного распределения спектральных составляющих по частотам.

В этой ситуации для синтеза автоматизированных информационно-измерительных систем необходимо разработать методику выбора интервала времени подачи сигнала типа белый шум, который обеспечивал бы приемлемое качество фиксируемого сигнала в смысле равномерности распределения спектральных составляющих в наблюдаемом частотном диапазоне.

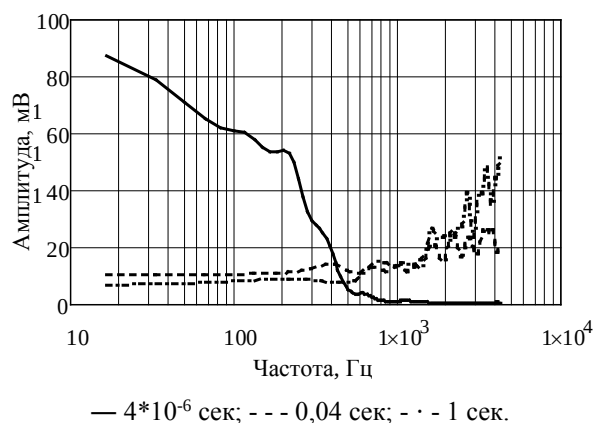


Рисунок 3. Спектры сигналов «белый шум» с различным временем регистрации

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Михайлов И.Г., Соловьев В.А., Сырников Ю.П. Основы молекулярной акустики. М.: Наука, 1964. 516 с.
- 2 Битюков В.К. и др. Оценка показателей качества полимера по частотному спектру модуля упругости // Системы управления и информационные технологии. 2008. № 1(31). С. 124-126.
- 3 Honerkamp J. et al. Determination of the relaxation time spectrum from dynamic moduli using an edge preserving regularization method. Rheologica Acta, 2000, vol. 3, no. 2, pp. 163-173.
- 4 Thimm W. et al. An analytical relation between relaxation time spectrum and molecular weight distribution. J Rheol, 1999, no. 43, pp. 1663-1672.
- 5 Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971. 316 с.

Таким образом, в системах акустической спектрометрии свойств эластомеров, возможна оценка нескольких показателей качества с использованием сложных гармонических сигналов, что позволит повысить оперативность измерений в частотном диапазоне, обеспечивающем приемлемые метрологические характеристики измерений. Для использования на начальном этапе исследований сигналов в виде стационарного белого шума необходимо разработать процедуру подбора временного окна, при котором обеспечивается равномерность спектральных составляющих излучаемого генератором сигнала.

REFERENCES

- 1 Mikhaylov I.G., Solov'ev V.A., Syrnikov Yu.P. Osnovy molekuliarnoi akustiki [Basics of molecular acoustic]. Moscow, Nauka, 1964. 516 p. (In Russ.).
- 2 Bitukov V.K. et al. Estimation of polymer quality parameters with frequency spectra of strength module. *Sistemy upravleniia i informatsionnye tekhnologii*. [Control systems and Information technology], 2008, no. (31), pp. 124-126. (In Russ.).
- 3 Honerkamp J. et al. Determination of the relaxation time spectrum from dynamic moduli using an edge preserving regularization method. Rheologica Acta, 2000, vol. 3, no. 2, pp. 163-173.
- 4 Thimm W. et al. An analytical relation between relaxation time spectrum and molecular weight distribution. J Rheol, 1999, no. 43, pp. 1663-1672.
- 5 Dzhenkins G., Vatts D. Spektralnyi analiz i ego prilozheniia [Spectral analysis and its applications]. Moscow, Mir, 1971. 316 p. (In Russ.).

УДК 629.11.012.533

Доцент А.А. Хвостов, профессор С.Г. Тихомиров,
старший преподаватель Д.И. Ребриков

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информ. и управл. систем. тел. (473) 255-38-75
E-mail: kafasu@vgta.vrn.ru

преподаватель А.А. Никитченко

(Воен.-воздуш. академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина)
кафедра изыскания и проектирования аэродромов, тел. (473) 226-18-88
E-mail: nik.to77@mail.ru

Associate Professor A.A. Khvostov, professor S.G. Tikhomirov,
senior lecturer D.I. Rebrikov

(Voronezh, Russia, state University of technology.) Department of information and control
systems. phone (473) 255-38-75

E-mail: kafasu@vgta.vrn.ru

lecturer A.A. Nikitchenko

(Military-air academy of a name of professor N.E. Zhukovskii and Yu.A. Gagarin)
Department of research and designing of airdromes. Phone, (473) 226-18-88

E-mail: nik.to77@mail.ru

Алгоритм оценки временного окна сигнала «белый шум» в задачах акустической спектрометрии эластомеров

Algorithm for estimating the time window signal "white noise" in the problems of acoustic spectrometry elastomers

Реферат. В статье рассматривается задача о выборе оптимального временного интервала и шага квантования при получении спектральных характеристик исследуемых объектов при помощи сигнала «белый шум» с ограничениями по техническим возможностям регистрации сигнала. При применении в качестве возмущающего сигнала стационарного «белого шума» возникают проблемы с наличием искажений в частотном спектре из-за ограниченности разрешающей способности цифрового регистрирующего устройства. При использовании в экспериментальных исследованиях цифровой техники возникает вероятность искажений из-за ограничений на время сигнала «белого шума» при фиксированном количестве точек сигнала в связи с ограничением памяти регистратора осциллографа. При малых интервалах времени возникают искажения в низкочастотной области спектра, а при больших сигнал искажается в высокочастотной области ввиду снижения частоты дискретизации и, соответственно, потери информации. Для минимизации искажений в спектре излученного сигнала предлагается алгоритм выбора временного окна сигнала типа «белый шум» фиксированного (в смысле количества точек дискретизации) объема выборки для задач акустической спектрометрии на основе оценки параметров линейной функции, аппроксимирующей спектр и характеризующей линейный тренд спектра. Разработанная методика позволяет в автоматическом режиме осуществлять выбор временных интервалов для осуществления исследований эластомеров с использованием методов акустической спектрометрии и сигналов типа «белый шум», обеспечивающих равномерность распределения спектральных составляющих по всему диапазону действующих частот. Рассмотренный подход повышает воспроизводимость и достоверность результатов при исследовании свойств эластомеров методами акустической спектрометрии.

Summary. In article the problem of choice of an optimum time interval and a quantization step at measurement of spectral characteristics of objects with using «white noise» signal with restrictions by technical possibilities of signal registration is considered. In the application of "white noise" as a stationary perturbing signal problems arise with the presence of distortions in the frequency spectrum due to the limited resolution of the digital recording device. When used in experimental studies of digital technology there is the possibility of distortion due to restrictions on the time signal "white noise" for a fixed number of points of the signal due to limited recording memory oscilloscope. For small time intervals distortion occurs in the low frequency region of the spectrum and at large intervals signal is distorted in the high-frequency area due to the lower sampling rate and, accordingly, the loss of information. To minimize distortions in the spectrum of the emitted signal it is proposed selection algorithm of the time window signal type "white noise" fixed (in the sense of the amount of sampling points) in terms of sample tasks for acoustic spectrometry based on the estimation of parameters of a linear function that approximates the spectrum and characterizing the linear trend.

Ключевые слова: белый шум, спектр, временной интервал, шаг квантования.

Keywords: white noise spectrum, time interval, quantization step.

© Хвостов А.А., Тихомиров С.Г., Ребриков Д.И., Никитченко А.А., 2014

Одним из эффективных приложений акустической спектрометрии является её использование для оценки распределений вязкоупругих свойств полимеров и композитов на их основе для оценки показателей качества [1]. Однако при применении в качестве возмущающего сигнала стационарного «белого шума» возникают проблемы с наличием искажений в частотном спектре из-за ограниченности разрешающей способности цифрового регистрирующего устройства. При использовании в экспериментальных исследованиях цифровой техники возникает вероятность искажений из-за ограничений на время сигнала «белого шума» при фиксированном количестве точек сигнала в связи с ограничением памяти регистратора осциллографа. При малых интервалах времени возникают искажения в низкочастотной области спектра, а при больших сигнал искажается в высокочастотной области ввиду снижения частоты дискретизации и, соответственно, потери информации.

Для минимизации искажений в спектре излученного сигнала предлагается алгоритм выбора временного окна сигнала типа «белый шум» фиксированного (в смысле количества точек дискретизации) объема выборки для задач акустической спектрометрии на основе оценки параметров линейной функции, аппроксимирующей спектр и характеризующей линейный тренд спектра.

Действие алгоритма разбивается на ряд последовательных этапов: получение тестовых спектров на основе излучающих сигналов разной длительности; линейная аппроксимация функции спектра; анализ параметров аппроксимирующей функции и выбор множества временных окон, удовлетворяющих заданному критерию качества.

На первом этапе необходимо получить набор спектров сигнала «белый шум» с разными интервалами времени подачи сигнала. Это позволяет сформировать множество пар спектральных составляющих f и частот ω для каждого i -го интервала времени:

$$\{(f, \omega)_i \in (F \times \Omega)_i\}, i = 1, Kt, \quad (1)$$

где F - множество значений, Ω - множество области определения, Kt - количество интервалов времени.

Для получения спектра используется разложение принимаемой функции времени $S(t)$ в спектр $f(\omega)$ на основе алгоритма быстрого преобразования Фурье [2] в пакете Mathcad 15 [3]:

$$f_m = \sum_{j=0}^{n-1} S_j \varepsilon^{mj}, \varepsilon^n = 1, \varepsilon^k \neq 1, \quad (2)$$

где f_m - значения дискретного спектра, $m \in \mathbb{N}$; S_j - значения дискретного сигнала, $j \in \mathbb{N}$.
 $t_j = j\Delta t$ $\omega_m = m\Delta\omega$.

Для каждого набора пар значений $(f, \omega)_i$, представляющего спектр сигнала, находится аппроксимирующая линейная функция вида:

$$F_{\text{linfit}}(\omega)_i = L_{1,i}\omega + L_{2,i}, \quad (3)$$

где $L_1, L_2 \in \mathbb{R}$ - параметры i -ого спектра сигнала.

Оценки параметров $L_{1,i}$ находятся, исходя из критерия:

$$S = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n (f_j^{\text{эксн}} - f_j^{\text{аннп}})^2 \xrightarrow{L_1, L_2} \min \quad (4)$$

И могут использоваться для косвенной характеристики равномерности спектральных составляющих в исследуемом частотном диапазоне (рисунок 1).

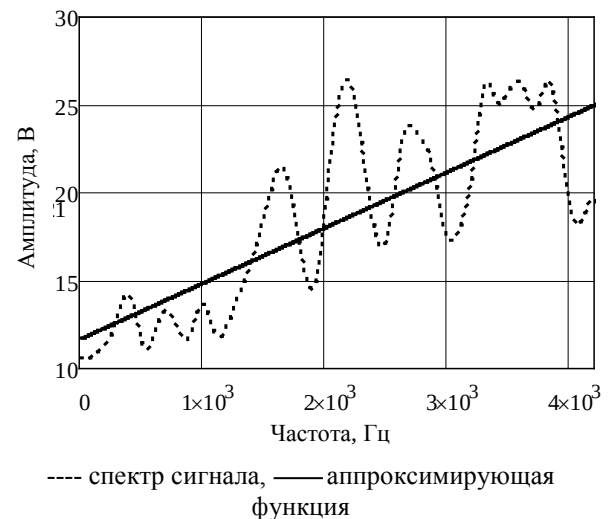


Рисунок 1. Пример аппроксимации спектра сигнала.

Они позволяют получить пары значений параметра линейной аппроксимации спектра $L_{1,i}$ и соответствующего ему интервала времени для i -го спектра.

Для оценки равномерности спектра используется мера близости области значений параметра линейной аппроксимации спектра $L_{1,i}$ (тангенс угла наклона аппроксимирующей прямой) к заданной окрестности около нулевого значения. Можно приближенно считать, что все удовлетворяющие условию близости параметра $L_{1,i}$ к нулевому значению диапазоны времени регистрации сигнала спектры могут

считаться равномерными и пригодными для дальнейших исследований в задачах акустической спектрометрии, а соответствующие временные диапазоны принять рабочими:

$$\Delta t_i \in \Delta t_{\text{раб}}, \forall |L_{1,i}| \leq \varepsilon \quad (5)$$

Алгоритм определения временного интервала воздействия сигнала «белый шум» представляется блок-схемой (рисунок 2).

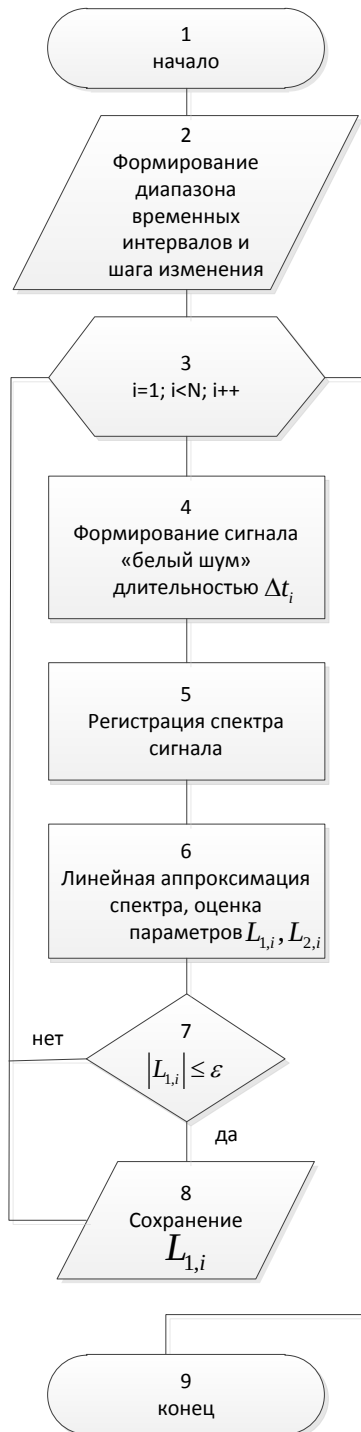


Рисунок 2. Алгоритм поиска времени воздействия сигнала «белый шум».

Рассмотрим пример использования предлагаемого алгоритма поиска времени воздействия «белого шума» для исследования свойств эластомеров с использованием цифрового генератора НЮКИ 7076, регистрирующего цифрового осциллографа RIGOL DS 1102 и пьезоэлектрических ультразвуковых преобразователей П-112-0.6 с рабочей частотой 0,6 МГц.

Для исследования выбирался диапазон временных интервалов от $1 \cdot 10^{-3}$ до 200 мс при фиксированной максимальной разрешающей способности регистратора 800 точек. Далее, в соответствии с алгоритмом на рисунке 2, осуществлялось генерирование сигнала «белый шум» с заданной длительностью, происходила регистрация спектра излученного сигнала, осуществлялась линейная аппроксимация спектра и происходило запоминание параметров аппроксимации. После этого формировалось множество пар параметра $L_{1,i}$ линейной функции аппроксимации спектра и значения временного интервала Δt_i для каждого i -го интервала времени. На рисунке 3 представлена зависимость параметра линейно аппроксимирующей i -й спектр функции $L_{1,i}$ от временного интервала воздействия сигнала «белый шум» Δt_i , мс.

Из представленных на рисунке 3 данных хорошо видно, что весь диапазон временных интервалов, в течение которых подавался сигнал «белый шум» можно разделить на три отчетливо различающихся интервала по критерию близости области значений параметра линейной аппроксимации спектра $L_{1,i}$ к заданной окрестности около нулевого значения.

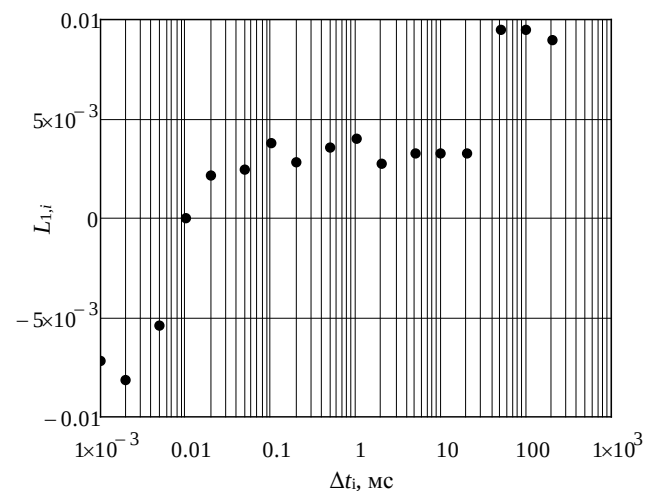


Рисунок 3. зависимость параметра линейно аппроксимирующей i -й спектр функции от временного интервала воздействия сигнала «белый шум».

В области малых (от 0,001 до 0,01 мс) и больших (от 25 до 100 мс) значений временных интервалов, вследствие ощутимых искажений из-за недостаточной длины интервала и ограничения объема выборки искажения, видны сильные отклонения от окрестности около нулевого значения $\pm \varepsilon$. Таким образом, используя предложенный алгоритм и критерий (3), можно осуществлять классификацию спектров сигналов типа «белый шум» и выбирать обоснованный диапазон интервалов воздействия

сигнала в условиях ограниченной разрешающей способности приемника в задачах акустической спектрометрии эластомеров. На рисунке 4 представлены спектры, зафиксированные при генерировании сигнала «белый шум», преобразовании его в акустический сигнал с использованием пьезоэлектрического преобразователя П-112-0.6, обратного преобразования в электрический сигнал с помощью пьезоэлектрического преобразователя и регистрации цифровым осциллографом RIGOL DS 1102.

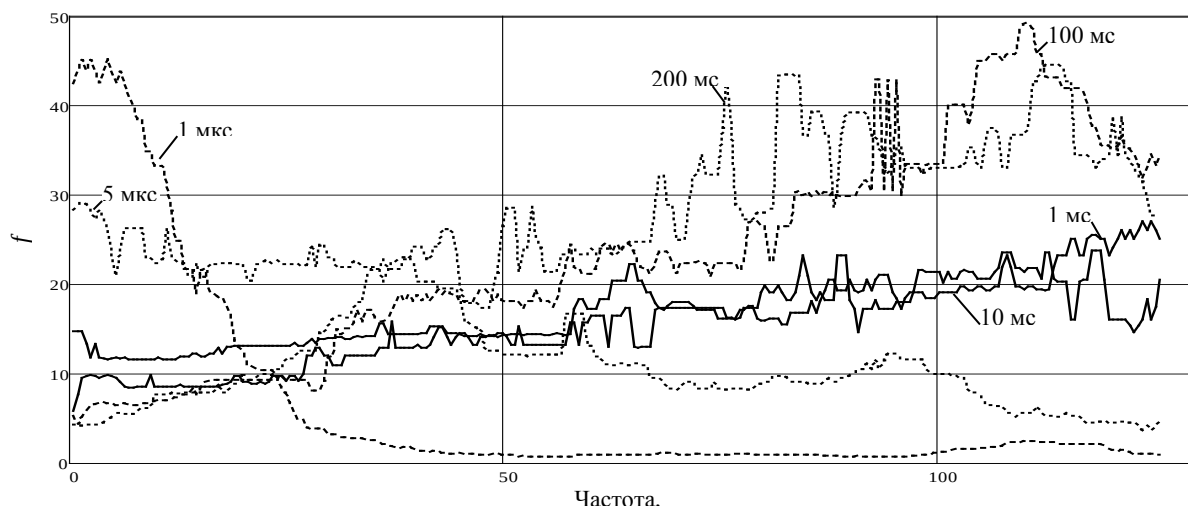


Рисунок 4. Излученные спектры сигнала «белый шум» с различным временем регистрации.

Из представленных данных видно, что спектры, отобранные из множества имеющихся в соответствии с критерием (4) (1 мс и 10 мс) обладают минимальным линейным трендом и размахом по амплитуде в пределах всего рассмотренного частотного диапазона.

На рисунке 5 представлены спектры сигналов, пропущенных через образец резины на основе каучука СКД толщиной 2 мм при описанных выше условиях. В практическом плане использование при исследованиях

свойств резин методов акустической спектрометрии позволяет выявить зоны в частотном диапазоне измерений, наиболее чувствительные к изменениям свойств полимера [4]. Из рисунка 5 видно, что спектры сигнала «белый шум», прошедшего через исследуемый образец, соответствующие критерию (3) (выделены жирным на рисунке 5) также обладают минимальным линейным трендом и размахом по амплитуде в пределах всего рассмотренного частотного диапазона.

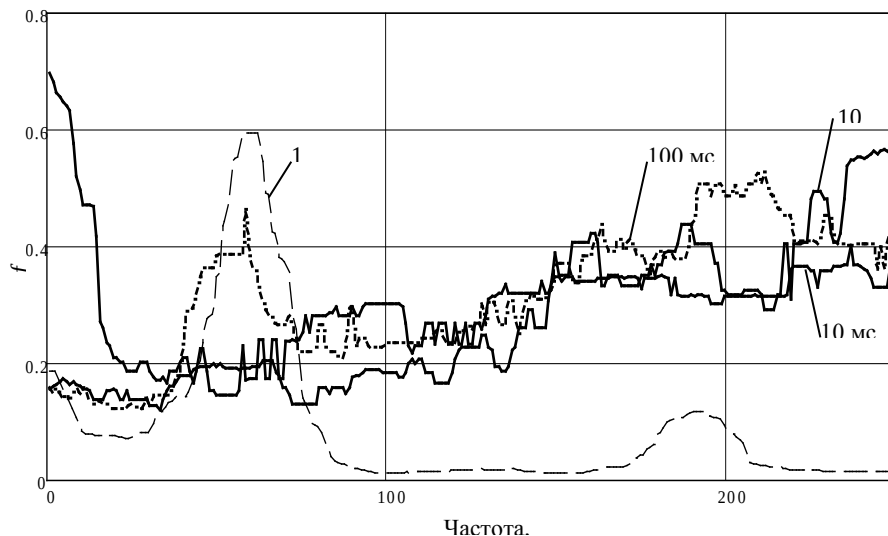


Рисунок 5. Принятые спектры сигнала «белый шум» с различным временем регистрации.

Таким образом, разработанная методика позволяет в автоматическом режиме осуществлять выбор временных интервалов для осуществления исследований эластомеров с использованием методов акустической спектрометрии и сигналов типа «белый шум», обеспечивающих

равномерность распределения спектральных составляющих по всему диапазону задействованных частот. Рассмотренный подход повышает воспроизводимость и достоверность результатов при исследовании свойств эластомеров методами акустической спектрометрии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Малкин А.Я., Исаев А.И. Реология: концепции, методы приложения. СПб.: Профессия, 2007. 500 с.
- 2 Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. М.: Мир, 1971. 316 с.
- 3 Дьяконов В. Mathcad 2001: учебный курс. СПб: Питер, 2001. 621 с.
- 4 Битюков В.К., Тихомиров С.Г., Хвостов А.А., Зайчиков М.А. Оценка показателей качества полимера по частотному спектру модуля упругости // Системы управления и информационные технологии. 2008. № 1(31). С. 124-126.
- 5 Honerkamp J., Roths T., Maier D., Friedrich C. et al. Determination of the relaxation time spectrum from dynamic moduli using an edge preserving regularization method. *Rheologica Acta*, 2000, vol. 3, no. 2, pp. 163-173.

REFERENCES

- 1 Malkin A.Ia., Isaev A.I. *Reologiya: kontseptsii, metody prilozheniya* [Rheology: concepts, application methods]. Sent-Petersburg, Professiya, 2007. 500 p. (In Russ.).
- 2 Dzhenskii G., Vatts D. *Spektralnyi analiz i ego prilozheniya* [Spectral analysis and its applications]. Moscow, Mir, 1971. 316 p. (In Russ.).
- 3 D'iakonov V. *Mathcad 2001* [Mathcad 2001]. Sent-Petersburg, Piter, 2001. 621 p. (In Russ.).
- 4 Bitiukov V.K., Tikhomirov S.G., Khvostov A.A., Zaichikov M.A. Estimation of polymer quality parameters with frequency spectra of strength module. *Sistemy upravleniia i in-formatsionnye tekhnologii*. [Control systems and Information technology], 2008, no. (31), pp. 124-126. (In Russ.).
- 5 Honerkamp J., Roths T., Maier D., Friedrich C. et al. Determination of the relaxation time spectrum from dynamic moduli using an edge preserving regularization method. *Rheologica Acta*, 2000, vol. 3, no. 2, pp. 163-173.

УДК 007.001.362

Профессор В.К. Битюков, ассистент М.Л. Моторин,
ассистент Е.А. Саввина

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем,
тел. (473) 255-38-75

E-mail: zhuravlyevaEA@yandex.ru

Professor V.K. Bitiukov, assistant M.L. Motorin,
assistant E.A. Savvina

(Voronezh state university of engineering technology) Department of information and control
systems, phone (473) 255-38-75

E-mail: zhuravlyevaEA@yandex.ru

Формирование классов объектов методом дискриминантного анализа

The formation classes of objects by the method of discriminant analysis

Реферат. В работе представлен метод дискриминантного анализа, как современный инструмент для классификации объектов, на примере мукомольного производства. Дискриминантный анализ является статистическим методом, который позволяет изучать различия между двумя и более группами объектов по нескольким переменным одновременно и дает возможность классифицировать объекты по принципу максимального сходства. Содержанием дискриминантного анализа является разработка и исследование статистических методов для изучения различий между двумя и более группами объектов по нескольким переменным одновременно при помощи дискриминантной линии. В дискриминантном анализе, в отличие от кластерного, имеется обучающая выборка, в которой известно к каким классам относятся объекты. По обучающей выборке получают правила, которые в дальнейшем позволяют определить, к какому классу относятся новые объекты. Построены дискриминантные функции, графики распределения объектов по классам качества, графически представлена методика классификации. В ходе выполнения работы была сформирована база данных, состоящая из 595 анализов, характеризующих качество муки по 15 признакам. Каждый анализ описывался химическими (массовая доля белка, массовая доля золы, массовая доля жира, содержание клетчатки и водорастворимых углеводов) и органолептическими показателями качества муки (влажность, титруемая и активная кислотность, массовая доля и качество клейковины, вкус, запах, хруст и т.д.). Точность классификации методом дискриминантного анализа составила 576 (98,02 %).

Summary. The paper provides the method of discriminant analysis as a modern tool for the classification of objects by the example of flour production. Discriminant analysis is a statistical technique that allows us to study the differences between two or more groups of objects on multiple variables simultaneously and provides the ability to classify objects according to the principle of maximum similarity. Content of discriminant analysis is the development and study of statistical methods to examine the differences between two or more groups of objects on multiple variables simultaneously with the dominant line. In discriminant analysis, in contrast to the cluster, there is a training set, which is known what classes are objects. The training set is obtained rules, which further allow you to determine what class are new objects. Built discriminant functions, graphs of distribution of objects on quality classes, graphically presents classification methodology. During the performance was formed database consisting of 595 analyzes characterizing the quality of flour by 15 characters. Each assay described chemical parameters (mass fraction of protein mass fraction of ash, the mass fraction of fat, fiber content and water-soluble carbohydrates) and organoleptic quality of flour (moisture content, titratable acidity and active, and the mass fraction of gluten quality, taste, smell, and the crunch etc.). Classification accuracy of the method of discriminant analysis was 576 (98.02%).

Ключевые слова: каноническая дискриминантная функция, дискриминант, классы объектов, классификация

Keywords: canonical discriminant function, the discriminant, classes of objects, classification

Дискриминантный анализ является статистическим методом, который позволяет изучать различия между двумя и более группами объектов по нескольким переменным одновременно и дает возможность классифицировать объекты по принципу максимального сходства.

Цель работы: рассмотреть классификационные различия между классами объектов и графически интерпретировать полученные результаты.

«Дискриминантный анализ» - это общий термин, относящийся к тесно связанным статистическим процедурам: интерпретации и классификации. Интерпретация предполагает поиск различий между классами при данном наборе характеристик (переменных). Метод, относящийся к классификации, связан с получением одной или нескольких функций, обеспечивающих возможность отнести каждый объект к одной из групп [1].

© Битюков В.К., Моторин М.Л., Саввина Е.А., 2014

В дискриминантном анализе используются методы максимального правдоподобия:

1) расчет априорных вероятностей принадлежности к классу, которые можно рассматривать как решающее правило, применяемое в том случае, когда нет никакой дополнительной информации об объектах;

2) расчет условных вероятностей принадлежности к классу, каждая из которых равна вероятности получить соответствующее значение дискриминантной функции при условии, что объект принадлежит классу.

Содержанием дискриминантного анализа является разработка и исследование статистических методов для изучения различий между двумя и более группами объектов по нескольким переменным одновременно при помощи дискриминантной линии.

В дискриминантном анализе, в отличие от кластерного, имеется обучающая выборка, в которой известно к каким классам относятся объекты. По обучающей выборке получают правила, которые в дальнейшем позволяют определить, к какому классу относятся новые объекты.

Функция с линейной комбинацией вида:

$$f_{km} = u_0 + u_1 X_{1km} + u_2 X_{2km} + \dots + u_p X_{pkm}, \quad (1)$$

где f_{km} – значение канонической дискриминантной функции для m -го объекта в группе k ; X_{1km} – значение дискриминантной переменной X_i для m -го объекта в группе k ; u_i – коэффициенты, обеспечивающие выполнение требуемых условий.

Коэффициенты u_i для первой функции выбираются таким образом, чтобы ее средние значения для различных классов как можно больше отличались друг от друга. Коэффициенты второй функции выбираются так же, то есть соответствующие средние значения должны максимально отличаться по классам, при этом налагается условие, чтобы значения второй функции были некоррелированы со значениями первой.

При классификации указанный объект «принадлежит к» или «очень похож на» данный класс. Такое решение принимается на основе информации, содержащейся в дискриминантных переменных.

Значимость дискриминантной функции при классификации определяется несколькими способами:

1. По расчету собственного значения функции:

$$\lambda = \frac{\sum b_{ij} v_i}{\sum w_{ij} v_i}, \quad (2)$$

где λ – собственное значение; v_i – последовательность коэффициентов; w_{ij} , b_{ij} – рассчитаны соотношениями (3) и (4) соответственно:

$$w_{ij} = \sum_{k=1}^g \sum_{m=1}^{n_k} (X_{ikm} - X_{ik})(X_{jkm} - X_{jk}), \quad (3)$$

$$b_{ij} = t_{ij} - w_{ij}. \quad (4)$$

2. По проценту объясненной дисперсии:

$$\lambda_{\text{общ}} = \lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n, \quad (5)$$

$$d = \frac{\lambda_1}{\lambda_{\text{общ}}}. \quad (6)$$

Процент объясненной дисперсии показывает, какова функция по сравнению с другими, то есть та, которая имеет большее процентное содержание, сильнее влияет на дискриминацию.

3. По расчету коэффициента канонической корреляции, который является мерой связи (степени зависимости между группами и дискриминантной функцией).

4. По расчету Λ – статистики Уилкса – меры различий между классами по нескольким дискриминантным переменным:

$$\Lambda = \prod_{i=k+1}^g \frac{1}{1 + \lambda_i}, \quad (7)$$

где k – число уже вычисленных функций; символ $\prod$ означает, что для получения окончательного результата необходимо перемножить все члены. Λ является «обратной» мерой, потому величины Λ , близкие к нулю, говорят о высоком различии (то есть центроиды классов сильно отличаются друг от друга).

Каждый объект принадлежит одной из групп, поэтому вероятность принадлежности вычисляется для любой из групп. Вероятность того, что объект X является членом класса k , равна:

$$Pr(G_k|X) = \frac{Pr(X|G_k)}{\sum_{i=1}^g Pr(X|G_i)}, \quad (8)$$

где $Pr(X|G_k)$ – вероятность того, что объект, находящийся далеко от центроида, действительно принадлежит классу k .

Стандартизованной мерой эффективности для любого количества классов является t -статистика ошибок:

$$\tau = \frac{n_c - \sum_{i=1}^g p_i n_i}{n_{\text{общ}} - \sum_{i=1}^g p_i n_i}, \quad (9)$$

где τ – число правильно классифицированных объектов; p_i – априорная вероятность принадлежности к классу; а $\sum_{i=1}^g p_i n_i$ представляет

собой число объектов, которые будут правильно но предсказаны при случайной классификации.

Дискриминантные переменные – оси p -мерного евклидова пространства. Каждый объект описывается точкой этого пространства с координатами, представляющими собой наблюдаемые значения каждой переменной. Если классы отличаются друг от друга по наблюдаемым переменным, их можно представить как скопления точек в некоторых областях рассматриваемого пространства. Поскольку классы могут частично «перекрываться», соответствующие им «территории» не совпадают. Для определения положения класса вычисляется его «центроид» – точка, координаты которой есть средние значения переменных в данном классе.

Радиус ядра разброса наблюдений рассчитывается по формуле:

$$R_i = \bar{r}_i + \sqrt{2} * \sigma_i, \quad (10)$$

где $\bar{r}_i$ среднее расстояние между центром кластера и кластерными элементами, а σ_i среднеквадратическое отклонение величины.

В ходе выполнения работы была сформирована база данных, состоящая из 595 анализов, характеризующих качество муки по 15 признакам. Каждый анализ описывался химическими (массовая доля белка, массовая доля золы, массовая доля жира, содержание клетчатки и водорастворимых углеводов) и органолептическими показателями качества муки (влажность, титруемая и активная кислотность, массовая доля и качество клейковины, вкус, запах, хруст и т.д.). В соответствии с классификацией, предложенной в [3], наблюдения были разделены на 4 группы качества. Первая группа (класс 1 высшего качества) – 140 (23,3 %) наблюдений; вторая (класс 2 хорошего каче-

ства) – 195 (33,3 %); третья (класс 3 плохого качества) – 140 (23,3 %); четвертая (класс 4 очень плохого качества) – 120 (20,0 %).

Исходные качественные признаки были формализованы в категориальные. Качественный признак, например, «вкус», переведен к бинарному виду, где каждый признак имел 2 состояния (0 – признак отсутствует, 1 – присутствует): вкус свойственный (1 – присутствует, 0 – отсутствует); вкус заплесневелый (1 – присутствует, 0 – отсутствует); вкус затхлый (1 – присутствует, 0 – отсутствует); вкус кисловатый (1 – присутствует, 0 – отсутствует); горьковатый (1 – присутствует, 0 – отсутствует). Таким образом, количество признаков увеличилось до 25 [2].

Исходные данные представляют собой случайные величины. Полная информация о случайной величине дается ее функцией распределения. По критерию Колмогорова-Смирнова установлено, что для подавляющего большинства признаков распределение отличается от нормального на уровне значимости $P=0,05$. Нормальному закону распределения подчиняются признаки: газообразующая способность и содержание водорастворимых углеводов.

Для принятия решений об отнесении хлеба к определенному классу необходимо отобрать наиболее информативные признаки. Выявление наиболее информативных признаков и классификация осуществлялась в два этапа. На первом этапе использовался корреляционный анализ. На втором этапе формировалась классификационная система признаков методом дискриминантного анализа. Методика классификации методом дискриминантного анализа представлена на рисунке 1.

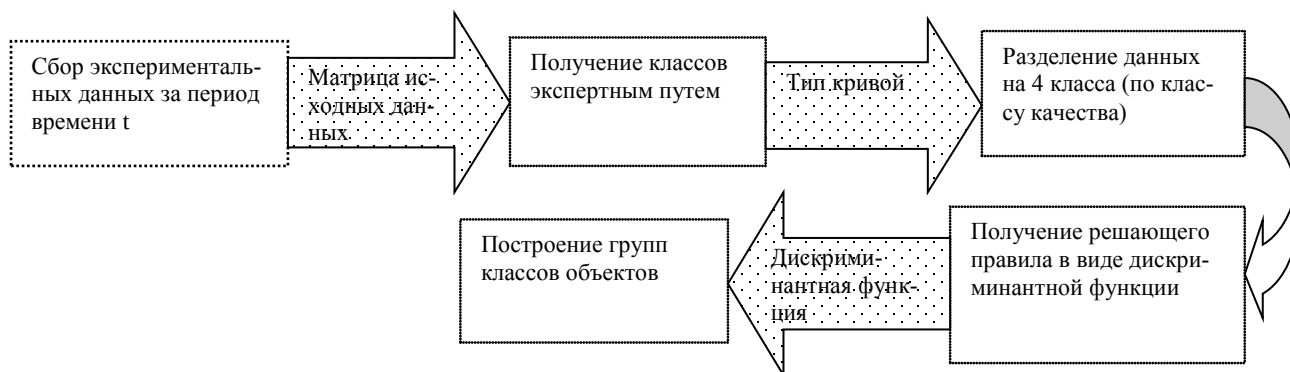


Рисунок 1. Методика классификации методом дискриминантного анализа

В качестве критерия информативности признаков принят коэффициент корреляции между признаком и классом качества муки, определенным экспертом.

Для первого класса были выявлены 2 специфических признака: цвет муки белый X_{10} и содержание водорастворимых углеводов X_{28} , коэффициент корреляции которых варьируется от 0,755 до 0,819, то есть теснота связи сильная. Для 6 признаков (титруемая кислотность X_2 , активная кислотность X_3 , массовая доля клейковины X_4 , число падения X_7 , цвет муки X_8 , белизна X_{26} , зольность X_{27}) значение коэффициента корреляции превышает 0,5 по модулю, то есть теснота связи средняя.

Для второго класса выявлен 1 специфический признак: цвет муки с желтоватым оттенком X_{12} , коэффициент корреляции которого 0,826, то есть теснота связи сильная. Для 3 признаков (вкус свойственный X_{14} , отсутствие затхлого вкуса X_{18} , запах свойственный X_{19} , отсутствие хруста X_{23}) коэффициент корреляции находится в диапазоне от 0,508 до 0,655 по модулю, то есть теснота связи средняя.

Установлено, что третий класс имеет 1 специфический признак: цвет муки серый X_{11} , значение r равно 0,748. Для 4 признаков: вкус несвойственный X_{14} , вкус кислый X_{15} , вкус затхлый X_{18} , запах несвойственный X_{19} , значение коэффициента корреляции варьируется от 0,550 до 0,691, то есть теснота связи средняя.

Для четвертого класса было получено 7 специфических признаков: титруемая кислотность X_2 , массовая доля клейковины X_4 , число падения X_7 , крупность помола X_9 , вкус плесневелый X_{17} , зольность X_{27} , коэффициент корреляции которых лежит в диапазоне от 0,717

до 0,952. Для 9 признаков (активная кислотность X_2 , цвет серый с частицами X_{13} , вкус несвойственный X_{14} , вкус плесневелый X_{17} , активная кислотность X_3 , запах с посторонними примесями X_{22} , наличие хруста X_{23} , наличие металлопримесей X_{25} , белизна X_{26} , содержание водорастворимых углеводов X_{32} , коэффициент корреляции находится в диапазоне от 0,563 до 0,656 по модулю и имеется средняя теснота связи с классом качества.

Для повышения точности классификации был использован метод дискриминации. Преимуществом данного метода является автоматическое построение графиков распределения классов и функций дискриминации.

Была сформирована обучающая выборка из 50 (8,4 %) наблюдений, содержащая объекты всех классов муки. Также как и для кластерного анализа были приняты признаки, отобранные на первом этапе методом корреляционного анализа, имеющие значимую корреляцию с классом качества. Классификационная система признаков включает в себя: цвет муки белый X_{10} , цвет муки серый X_{11} , цвет муки с желтоватым оттенком X_{12} , вкус плесневелый X_{17} , титруемая кислотность X_2 , массовая доля клейковины X_4 , число падения X_7 , цвет муки X_8 , крупность помола X_9 , зольность X_{27} , содержание водорастворимых углеводов X_{28} .

Полезность дискриминантной функции оценивалась при помощи расчета коэффициента канонической корреляции (3); различие между классами - с помощью λ -статистики Уилкса (4); значимость дискриминантных функций - с помощью распределения χ^2 (хи-квадрат). Результат дискриминантного анализа представлен в таблице 1.

Таблица 1

Результат дискриминантного анализа

Функция	Собственное значение	% объясненной дисперсии	Кумулятивный %	Каноническая корреляция	Лямбда Уилкса	Хи-квадрат
D1	5901,95	98,4	98,4	1,000	0,000	9118,57
D2	83,95	1,4	99,8	0,994	0,001	4051,92
D3	11,208	0,2	100,0	0,958	0,082	1459,97

Функция D1 обладает большими дискриминирующими возможностями, так как ее собственное значение равно 5901,95. Процент объясненной дисперсии 98,4 %, значение канонической корреляции 1,0 и распределение χ^2 9118,57 подтверждает дискриминационные

возможности функции D1. Так как значения функций D2 и D3 по данным критериям несколько ниже, данные функции не сильно влияют на процесс дискриминации.

Канонические дискриминантные функции D1, D2, D3, разделяющие выборку на 4 класса:

$$D1 = -163,01 - 0,2X_2 + 0,01X_4 - 0,01X_7 + 0,01X_9 - 0,56X_{12} + 0,27X_{15} - 0,3X_{16} - 0,07X_{17} - 0,4X_{20} - 0,41X_{22} + 223,14X_{25}; \quad (11)$$

$$D2 = -6,17 + 0,3X_2 - 0,01X_4 + 0,03X_7 - 0,01X_9 + 0,17X_{12} - 4,1X_{15} + 1,05X_{16} - 0,84X_{17} + 0,59X_{20} - 0,2X_{22} + 1X_{25}; \quad (12)$$

$$D3 = 12,61 - 2,01X_2 - 0,561X_4 - 0,027X_7 - 0,026X_9 + 2,21X_{12} + 2,48X_{15} + 5,33X_{16} + 2,33X_{17} + 1,18X_{20} + 1,46X_{22} + 3,275X_{25}. \quad (13)$$

Уравнения линейных простых классифицирующих функций $D1_k$, $D2_k$, $D3_k$, $D4_k$,

позволяющие относить объекты к одному из 4 классов качества:

$$D1_k = -3346,35 + 85,73X_2 + 48,19X_4 + 2,29X_7 + 1,57X_9 - 31,29X_{12} + 115,86X_{15} + 28,91X_{16} + 29,21X_{17} - 60,80X_{20} + 70,56X_{22} + 13936,45X_{25}; \quad (14)$$

$$D2_k = -5034,72 + 77,66X_2 + 44,98X_4 + 1,99X_7 + 1,44X_9 - 31,74X_{12} + 137,58X_{15} + 59,14X_{16} + 41,51X_{17} - 63,9X_{20} + 69,42X_{22} + 47887,02X_{25}; \quad (15)$$

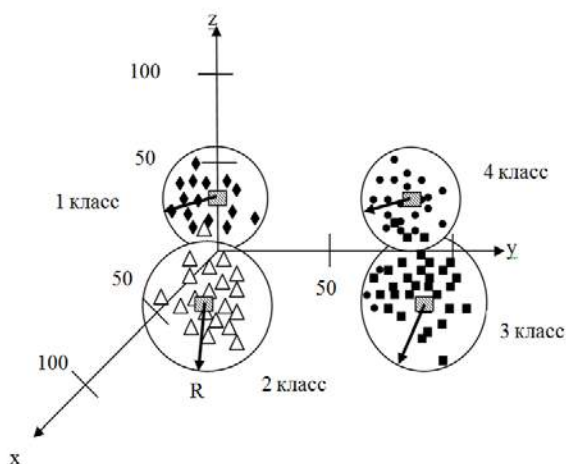
$$D3_k = -39368,68 + 115,34X_2 + 47,81X_4 + 1,074X_7 + 1,71X_9 - 144,32X_{12} + 164,55X_{15} - 15,2X_{16} + 18,39X_{17} - 143,9X_{20} - 13,02X_{22} + 155295,13X_{25}; \quad (16)$$

$$D4_k = -39421,92 + 113,14X_2 + 47,94X_4 + 0,79X_7 + 1,72X_9 - 146,33X_{12} + 201,51X_{15} - 25,4X_{16} + 25,79X_{17} - 149,62X_{20} - 11,99X_{22} + 155276,21X_{25}. \quad (17)$$

Первые две наиболее дискриминирующие канонические дискриминантные функции и центры в классах качества представлены на рисунке 2. Центроиды четырех классов имеют следующие координаты: (-68,74; 14,46; -0,11), (-66,85; -10,51; 0,05), (86,59; 0,33; 4,62), (87,81; -0,18; -5,43).

Рисунок 2 показывает, что группы 1 и 2 вполне различимы, то есть центроиды хорошо отделимы друг от друга. На рисунке четко видно попадание одного ошибочно отнесенного наблюдения второго класса к первому. Однако выявлено перекрытие областей между 3 и 4 классами качества. Это обусловлено тем, что значения дискриминантных функций в центроидах групп для 3 и 4 классов близки друг к другу: 86,59 и 87,81 соответственно.

Рисунок 2. Канонические дискриминантные функции для четырех классов качества и центры групп



Результаты классификации методом дискриминантного анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2

Результат классификации

Категория класса качества		Предсказанная принадлежность к группе				Итого
		1	2	3	4	
Частота	1 класс	140	0	0	0	140
	2 класс	1	194	0	0	195
	3 класс	0	0	137	3	140
	4 класс	0	0	3	117	120
%	1 класс	100	0	0	0	100,0
	2 класс	0,5	99,5	0	0,0	100,0
	3 класс	0,0	0	97,2	2,8	100,0
	4 класс	0,0	0,0	1,7	98,3	100,0

С учетом изложенного, по результатам расчета методом дискриминантного анализа выявлено, что число случаев ложной тревоги составило 3 (2,8 %) - это отнесение плохого качества к худшему. Выявлено 4 (2,3 %) случая пропуска сигнала, из них в 1 (0,5 %) наблюдении хорошее качество было неверно классифицировано как очень хорошее качество, в 3 (1,7 %) других случаях очень плохое качество расценено как плохое качество. По результатам дискриминации было выявлено, что в первом классе было верно классифицировано 140 (100,0 %) наблюдений, во втором классе – 194 (99,5 %), в третьем – 137 (97,2 %), в четвертом – 117 (98,3 %). Таким образом, точность классификации методом дискриминантного анализа составила 576 (98,02 %). При этом ошибки отнесения плохого качества к очень плохому не стоит принимать во внимание, так как мука и плохого и очень плохого качества не должна использоваться в хлебопечении.

ЛИТЕРАУРА

1 Клекка У.Р., Ким Дж.-О., Мьюллер Ч.У. Факторный, кластерный и дискриминантный анализ. М.: Финансы и статистика, 1989. 215 с.

2 Саввина Е.А., Балашова Е.А., Битюков В.К. Использование методов дискриминантного анализа для классификации качества муки // Финансы. Экономика. Стратегия. 2013. №3. С. 20-23.

3 Балашова Е.А., Битюков В.К., Саввина Е.А., Пономарева Е.И. Формирование системы информативных признаков для прогнозирования качества муки/ Е.А. Балашова, В.К. Битюков, Е.А. Саввина, Е.И. Пономарева // Сборник трудов 3-ей Международной научно-практической конференции «Ключевые вопросы в современной науке», 2013. С. 74-77.

REFERENCES

1 Klekka U.R., Kim Dzh.-O., M'iuller Ch.U. Faktornyi, klasternyi i diskriminantnyi analiz [Factor, cluster and discriminant analysis]. Moscow, Finansy i statistica, 1989. 215 p. (In Russ.).

2 Savvina E.A., Balashova E.A., Bitiukov V.K. Using the discriminant analysis methods for the classification of the quality of the flour. *Finansy. Ekonomika. Strategiya*. [Finance. Economy. Strategy], 2013, no. 3, pp. 20-23. (In Russ.).

3 Balashova E.A., Bitiukov V.K., Savvina E.A., Ponomareva E.I. Formation of the system of informative signs for prognose quality flour. *Sbornik trudov tret'ei Mezhdunarodnoi nauchno-practicheskoi konferentsii "Kliuchevye voprosy v sovremennoi nauke"* [Proceedings of the 3rd international scientific and practical conference «the Key issues in modern science»], 2013. pp. 74-77. (In Russ.).

УДК 681.3

Профессор Н.С. Родионова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) факультет экономики и управления. тел. (473) 255-38-82
E-mail: rodionovast@mail.ru

начальник кафедры С.В. Белокуров

(Воронеж, ВИ ФСИН России) кафедра математики и естественнонаучных дисциплин.
тел. (8473) 2606-820
E-mail: bsvlabs@mail.ru

профессор С.В. Скрыль

(Воронеж, ВИ ФСИН России) кафедра технических комплексов охраны и связи.
тел. (8473) 2606-818
E-mail: skril@mail.ru

Professor N.S. Rodionova

(Voronezh state university of engineering technology) faculty of economics and management.
phone (473) 255-38-82
E-mail: rodionovast@mail.ru

head of department S.V. Belokurov

(Voronezh, VI FPS) Department of mathematics and natural sciences. phone (8473) 2606-820
E-mail: bsvlabs@mail.ru

professor S.V. Skryl'

(Voronezh, VI FPS) Department of technical systems of protection and communication.
phone (8473) 2606-818
E-mail: skril@mail.ru

Показатели эффективности управления информационными процессами в интегрированных системах безопасности

Efficiency indicators information management in integrated security systems

Реферат. Внедрение информационных технологий для повышения эффективности охранной деятельности приводит к необходимости учета ряда негативных факторов, связанных с последствиями использования этих технологий, как ключевого элемента современных систем охраны. Одним из наиболее ощутимых факторов является подверженность информационных процессов в системах охраны угрозам безопасности. Это в значительной степени относится к интегрированным системам безопасности (ИСБ), являющимся системами охраны с наиболее высоким уровнем информатизации охранных функций. Значительный ущерб охраняемым объектам, которые они потенциально могут понести вследствие нарушения работоспособности ИСБ, ставит весьма актуальную проблему оценки факторов, снижающих эффективность функционирования ИСБ с целью обоснования путей и методов ее повышения. Исходя из специфики угроз искажения и блокирования информации в ИСБ, интерес представляют: объем неискаженной рабочей среды ИСБ, как характеристика целостности информации; время доступа к информации как характеристика ее доступности. Это в свою очередь приводит к необходимости использования этих параметров в качестве характеристик эффективности информационных процессов в ИСБ – полноты и своевременности обработки информации. В статье предлагаются показатели эффективности информационных процессов в интегрированных системах безопасности в условиях оптимального управления процедурами защиты информации от несанкционированного доступа. Набор рассмотренных показателей позволяет провести комплексный анализ защищенности интегрированных систем безопасности, а также выработать рекомендации по совершенствованию управления процедурами защиты информации в них.

Summary. Introduction of information technology to improve the efficiency of security activity leads to the need to consider a number of negative factors associated with in consequence of the use of these technologies as a key element of modern security systems. One of the most notable factor is the exposure to information processes in protection systems security threats. This largely relates to integrated security systems (ISS) is the system of protection with the highest level of informatization security functions. Significant damage to protected objects that they could potentially incur as a result of abnormal operation ISS, puts a very actual problem of assessing factors that reduce the efficiency of the ISS to justify the ways and methods to improve it. Because of the nature of threats and blocking distortion of information in the ISS of interest are: the volume undistorted ISF working environment, as a characteristic of data integrity; time access to information as a feature of its availability. This in turn leads to the need to use these parameters as the performance characteristics of information processes in the ISS - the completeness and timeliness of information processing. The article proposes performance indicators of information processes in integrated security systems in terms of optimal control procedures to protect information from unauthorized access. Set the considered parameters allows to conduct comprehensive security analysis of integrated security systems, and to provide recommendations to improve the management of information security procedures in them.

Ключевые слова: защита информации, управление, интегрированные системы безопасности.

Keywords: information security, management, integrated security systems.

© Родионова Н.С., Белокуров С.В., Скрыль С.В., 2014

Широкое внедрение информационных технологий для повышения эффективности охранной деятельности приводит к необходимости учета ряда негативных факторов, связанных с последствиями использования этих технологий, как ключевого элемента современных систем охраны [1]. Одним из наиболее ощутимых факторов является подверженность информационных процессов в системах охраны угрозам безопасности. Это в значительной степени относится к интегрированным системам безопасности (ИСБ), являющимся системами охраны с наиболее высоким уровнем информатизации охранных функций [2, 3].

Значительный ущерб охраняемым объектам, которые они потенциально могут понести вследствие нарушения работоспособности ИСБ, ставит весьма актуальную проблему оценки факторов, снижающих эффективность функционирования ИСБ с целью обоснования путей и методов ее повышения. Одними из наиболее значимых факторов являются угрозы безопасности информационным процессам в ИСБ. Исходя из специфики угроз искажения и блокирования информации в ИСБ, интерес представляют: объем неискаженной рабочей среды ИСБ [2], как характеристика целостности информации; время доступа к информации как характеристика ее доступности [2].

Это в свою очередь приводит к необходимости использования этих параметров в качестве характеристик эффективности информационных процессов в ИСБ – полноты и своевременности обработки информации.

Характеризуя полноту обработки информации в ИСБ, будем оперировать ее информационным объемом $V_{(o)}$ [3]. Информация в ИСБ считается обработанной в полном объеме, если величина $V_{(o)}$ будет превышать или быть равной некоторой величине $V_{(no)}$:

$$V_{(o)} \geq V_{(no)}. \quad (1)$$

Величина $V_{(no)}$ является характеристикой того минимального объема обрабатываемой информации, при котором ИСБ еще выполняет свои функции, как система, функционирующая по своему целевому назначению, обеспечивается ее работоспособное состояние.

Входящая в неравенство (1) величина $V_{(o)}$ является случайной, что приводит к необходимости рассматривать его выполнение как случайное событие, которое, в соответствии с представленным в [2, 3] форматом, характеризуется вероятностью выполнения условий соответствия двух случайных величин.

Как правило, величина $V_{(no)}$ соответствует нормативно определенным требованиям и является детерминированной величиной.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что вероятность выполнения (1) достаточно полно характеризует полноту обработки информации в ИСБ, что позволяет использовать данную вероятность в качестве соответствующего показателя:

$$C = P(V_{(o)} \geq V_{(no)}) = 1 - P(V_{(o)} < V_{(no)}). \quad (2)$$

Аналогия представления (2) и функции распределения вероятностей из классической теории вероятностей [1] позволяет применить аппарат данной теории для формирования вероятностных математических моделей полноты обработки информации в ИСБ.

Для физической характеристики информационного объема $V_{(oi)}$ воспользуемся программной метрикой Холстеда [1]:

$$V_{(o)} = R \cdot \log_2 r + D \cdot \log_2 d,$$

где r и d – число операторов и операндов в программах обработки информации в ИСБ соответственно; R и D – число неповторяющихся операторов и операндов в программах обработки информации в ИСБ соответственно (словари операторов и операндов).

Характеризуя своевременность информации в ИСБ, будем оперировать временем $\tau_{(o)}$ [1] обработки информации в этих системах. Информация в ИСБ считается обработанной своевременно, если величина $\tau_{(o)}$ не будет превышать некоторой величины $\tau_{(no)}$:

$$\tau_{(o)} \leq \tau_{(no)}. \quad (3)$$

Величина $\tau_{(no)}$ является характеристикой того максимального времени обработки информации в ИСБ, при котором ИСБ еще выполняет свои функции как система, функционирующая по своему целевому назначению, обеспечивается ее работоспособное состояние.

Входящая в неравенство (3) величина $\tau_{(o)}$ является случайной, что приводит к необходимости рассматривать его выполнение как случайное событие, которое аналогично (1) характеризуется вероятностью выполнения условий соответствия двух случайных величин. Как правило, величина $\tau_{(no)}$ соответствует нормативно определенным требованиям и является детерминированной величиной. Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что вероятность выполнения (3) достаточно полно характеризует своевременность обработки информации в ИСБ, что позволяет использовать данную вероятность в качестве соответствующего показателя:

$$T = P(\tau_{(o)} \leq \tau_{(no)}) = 1 - P(\tau_{(no)} < \tau_{(o)}). \quad (4)$$

Как и в случае (2) аналогия представления (4) и функции распределения вероятностей из классической теории вероятностей [1] позволяет применить аппарат данной теории для формирования вероятностных математических моделей своевременности обработки информации в ИСБ.

Характеризуя целостность информации в ИСБ, будем оперировать объемом $V_{(ин)}$ [1] неискаженной рабочей среды этих систем. Рабочая среда считается целостной, если величина $V_{(ин)}$ будет превышать или быть равной некоторой величине $V_{(мин)}$:

$$V_{(ин)} \geq V_{(мин)}. \quad (5)$$

Величина $V_{(мин)}$ является характеристикой того минимального объема неискаженной рабочей среды, при котором программы и данные, размещенные в ней, еще обеспечивают работоспособное состояние ИСБ.

В общем случае обе входящие в неравенство (5) величины являются случайными, что приводит к необходимости рассматривать его выполнение как случайное событие, которое аналогично (1) и (3) характеризуется вероятностью выполнения условий соответствия двух случайных величин.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что вероятность выполнения (5) достаточно полно характеризует целостность информации в ИСБ, что позволяет использовать данную вероятность в качестве соответствующего показателя:

$$I = P(V_{(ин)} \geq V_{(мин)}) = 1 - P(V_{(ин)} < V_{(мин)}). \quad (6)$$

Аналогия представления (6) и функции распределения вероятностей из классической теории вероятностей [1] позволяет применить аппарат данной теории для формирования вероятностных математических моделей обеспечения целостности информации в ИСБ.

Для формализации физической характеристики объема $V_{(ин)}$ неискаженной рабочей среды определим величину ее адресного пространства:

$$V_{(рс)} = 2^n,$$

где: n – размерность условного адресного регистра, обеспечивающего адресацию рабочей среды ИСБ.

Тогда объем $V_{(ин)}$ неискаженной рабочей среды определим как:

$$V_{(ин)} = 2^n - V_{(и)},$$

где: $V_{(и)}$ – объем искаженной рабочей среды ИСБ.

Используя вероятностное представление $V_{(и)}$ как функции угроз искажения информации, представим выражение для его определения в виде:

$$V_{(и)} = 2^n \cdot P_{(и)},$$

где: $P_{(и)}$ – вероятность искажения информации в ИСБ (вероятность наступления последствий от воздействия угрозы искажения информации).

Откуда: $P_{(и)} = V_{(и)}/2^n$.

Тогда:

$$V_{(ин)} = 2^n (1 - P_{(и)}). \quad (7)$$

В этом случае показатель (6) целостности информации в ИСБ представим в виде:

$$I = P(2^n (1 - P_{(и)}) \geq V_{(мин)}) = 1 - P(2^n (1 - P_{(и)}) < V_{(мин)}). \quad (8)$$

Характеризуя доступность информации в ИСБ, будем оперировать временем $\tau_{(д)}$ [3] доступа к информации в этих системах. Информация в ИСБ считается доступной, если величина $\tau_{(д)}$ не будет превышать некоторой величины $\tau_{(дн)}$:

$$\tau_{(д)} \leq \tau_{(дн)}. \quad (9)$$

Величина $\tau_{(дн)}$ является характеристикой того максимального времени доступа к информации ИСБ, при котором еще обеспечивается работоспособное состояние ИСБ.

В общем случае обе входящие в неравенство (9) величины являются случайными, что приводит к необходимости рассматривать его выполнение как случайное событие, которое аналогично (1), (3) и (5) характеризуется вероятностью выполнения условий соответствия двух случайных величин.

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что вероятность выполнения (9) достаточно полно характеризует доступность информации в ИСБ, что позволяет использовать данную вероятность в качестве соответствующего показателя:

$$A = P(\tau_{(д)} \leq \tau_{(дн)}) = 1 - P(\tau_{(дн)} < \tau_{(д)}). \quad (10)$$

Как и в случае (4) аналогия представления (10) и функции распределения вероятностей из классической теории вероятностей [1] позволяет применить аппарат данной теории для формирования вероятностных математических моделей доступности информации в ИСБ. При обосновании показателя уровня угрозы нарушения целостности и доступности информации в ИСБ воспользуемся надежностной интерпретацией такого рода угроз как угроз нарушения работоспособности ИСБ.

Это позволяет ввести следующие предположения о характере потока угроз:

- стационарность потока;
- его ординарность;
- отсутствие последействия в событиях, инициируемых этим потоком.

Обоснуем эти предположения. С целью

проверки предположения о стационарности потока воздействия угроз искажения информации и ее блокирования в ИСБ по аналогии с [1] предположим, что временной интервал $[t_{(n)}, t_{(o)}]$ от момента $t_{(n)}$ начала до момента $t_{(o)}$ окончания исследования процесса функционирования ИСБ значительно превосходит время $\tau_{(y)}$ существования угрозы, т.е. имеет место неравенство:

$$t_{(o)} - t_{(n)} \gg \tau_{(y)}. \quad (11)$$

С учетом этого, а также того, что период $T_{(y)}$ воздействия угроз искажения информации и ее блокирования в ИСБ как временной интервал между двумя последовательными воздействиями и требуемый период $T_{(m)}$ реакции на подобные воздействия соизмеримы с длиной $\Delta\tau = t_{(o)} - t_{(n)}$ временного интервала $[t_{(n)}, t_{(o)}]$, можно утверждать о стационарности процесса воздействия угроз рассматриваемого типа.

При обосновании предположения об ординарности потока воздействия угроз искажения информации и ее блокирования в ИСБ воспользуемся практикой расследования противоправных действий в информационной сфере. Результаты показывают, что комплексное применение таких разнородных по способу реализации атак, как "ложный объект РВС" и "отказ в обслуживании" [2] при реализации злоумышленниками своих противоправных действий - явление крайне редкое [3]. Это подтверждает представление возможности представления процессов воздействия угроз искажения информации и ее блокирования в ИСБ как ординарных процессов.

Для предположения об отсутствии последствия в событиях, инициируемых потоком воздействия угроз искажения информации и ее блокирования в ИСБ воспользуемся тем обстоятельством, что при реализации такого рода угроз злоумышленник может реализовать такие сложные по способу реализации атаки, как "ложный объект вычислительной сети" и "отказ в обслуживании" лишь однократно, так как повторить подобного рода действия в условиях ИСБ маловероятно.

Это позволяет вероятность воздействия угроз искажения информации в ИСБ представить в виде:

$$P_{(u)} = 1 - e^{-\frac{k_{(uo)}}{\Delta\tau} \cdot (t_{(o)} - t_{(n)})}, \quad (12)$$

где $k_{(uo)}$ – среднее число атак типа "ложный объект вычислительной сети" на временном

интервале $[t_{(n)}, t_{(o)}]$ функционирования ИСБ.

Аналогичным образом вероятность воздействия угроз блокирования информации в ИСБ представляется в виде:

$$P_{(o)} = 1 - e^{-\frac{k_{(oo)}}{\Delta\tau} \cdot (t_{(o)} - t_{(n)})}, \quad (13)$$

где k – среднее число атак типа "отказ в обслуживании" на временном интервале $[t_{(n)}, t_{(o)}]$ функционирования ИСБ.

С целью аналитического представления показателя эффективности информационных процессов в ИСБ в условиях реализации механизмов защиты информации от несанкционированного доступа (НСД) рассмотрим вероятностную интерпретацию группы событий [3], связанных с реализацией информационных процессов в ИСБ, реализацией угроз искажения информации и ее блокирования в этих системах и мер обеспечения защиты от НСД.

Для этого определим следующие события: событие 1 – «Информационный процесс в ИСБ в условиях отсутствия угроз искажения информации и ее блокирования» и событие 2 – «Информационный процесс в ИСБ в условиях воздействия угроз искажения информации и ее блокирования». В свою очередь событие 2 составляют два события: событие 21 – «Меры защиты информации от НСД обеспечивают целостность и доступность информации» и событие 22 – «Меры защиты информации от НСД не обеспечивают целостность и доступность информации».

С учетом рассмотренных событий представим рассмотренные выше характеристики информационных процессов в ИСБ в условиях реализации механизмов защиты информации от НСД информационным объемом $V_{(o)}$ обрабатываемой информации в ИСБ и временем $\tau_{(o)}$ ее обработки информации в этих системах. На основе этих событий запишем выражения для характеристик информационных процессов в ИСБ. Выражение для среднего значения объема обрабатываемой информации в ИСБ в этих условиях имеет вид:

$$\bar{V}_{(o)} = \bar{V}_{(on)} + P_{(u)} \cdot (1 - I) \cdot \bar{V}_{(u)}, \quad (14)$$

где $\bar{V}_{(on)}$ – среднее значение потенциального объема обрабатываемой в ИСБ информации (в отсутствии угроз ее искажения и мер защиты от НСД); $\bar{V}_{(u)}$ – среднее значение случайной величины $V_{(u)}$ объема искажаемой в ИСБ информации (интерпретируется как мера ущерба

информационному процессу в ИСБ в единицах объема информации).

Выражение для среднего значения времени Δt реализации информационного процесса имеет вид:

$$\Delta \bar{t} = \Delta \bar{t}_{(on)} + P_{(\bar{o})} \cdot (1 - A) \cdot \bar{\Delta} \tau_{(\bar{o})}, \quad (15)$$

где $\Delta \bar{t}_{(on)}$ – среднее значение потенциального времени реализации информационного процесса в ИСБ (в отсутствии угроз ее блокирования и мер защиты от НСД); $\bar{\Delta} \tau_{(\bar{o})}$ – среднее значение случайной величины времени нахождения ИСБ в состоянии блокирования информации (интерпретируется как мера ущерба информационному процессу в ИСБ в единицах времени обработки информации).

С учетом специфики обеспечения защиты информации от НСД в ИСБ представим формально процесс защиты последовательно:

- закрытие от загрузки ОС через внешний накопитель (процедура 1);
- обеспечение санкционированного доступа (процедура 2);
- контрольная аутентификация пользователей, допущенных к информации ИСБ (процедура 3);
- разграничение доступа (процедура 4);
- поддержание целостности рабочей среды (процедура 5);
- администрирование работы механизмов защиты информации от НСД (МЗИ НСД) (процедура 6);
- управление контролем доступа пользователей к информации в ИСБ (процедура 7).

С учетом этого обстоятельства показатель (8) целостности информации в ИСБ представим в виде:

$$\begin{aligned} I &= P(2^n (1 - P_{(u)}) \geq V_{(mn)}) = \\ &= 1 - P(2^n (1 - P_{(u)}) < V_{(mn)}) = \\ &= 1 - P((2^{n_1} \circ 2^{n_2} \circ 2^{n_3} \circ 2^{n_4} \circ 2^{n_5} \circ 2^{n_6} \circ 2^{n_7}) \circ \\ &\quad \circ (1 - P_{(u)}) < V_{(mn)}), \end{aligned} \quad (16)$$

где $2^{n_1}, 2^{n_2}, 2^{n_3}, 2^{n_4}, 2^{n_5}, 2^{n_6}$ и 2^{n_7} – случайные величины адресных пространств, целостность которых обеспечивается реализацией процедур 1-7 защиты информации от НСД в ИСБ, соответственно; $\circ$ – знак композиции случайных величин

Вероятность (16) является наиболее полной характеристикой функциональных возможностей по защите целостности информации в ИСБ.

Аналогичным образом показатель (10) доступности информации в ИСБ запишем в виде:

$$A = P(\tau_{(o)} \leq \tau_{(on)}) = 1 - P(\tau_{(on)} < \tau_{(o)}) =$$

$$= 1 - P(\tau_{(on)} < \tau_{(o1)} \circ \tau_{(o2)} \circ \tau_{(o3)} \circ \tau_{(o4)} \circ \tau_{(o5)} \circ \tau_{(o6)} \circ \tau_{(o7)}), \quad (17)$$

где $\tau_{(o1)}, \tau_{(o2)}, \tau_{(o3)}, \tau_{(o4)}, \tau_{(o5)}, \tau_{(o6)}$ и $\tau_{(o7)}$ – случайные величины времен доступа к информации в ИСБ, обеспечиваемых реализацией процедур 1-7 защиты информации от НСД в ИСБ, соответственно.

При дифференциации процесса защиты информации от НСД в ИСБ можно выделить два частных процесса:

1) процесс автоматизированного контроля доступа пользователей к информации в ИСБ, включающий процедуры:

- обеспечения санкционированного доступа (процедура 2);
- контрольной аутентификации пользователей, допущенных к информации ИСБ (процедура 3);
- разграничения доступа (процедура 4);
- управления контролем доступа пользователей к информации в ИСБ (процедура 7).

2) процесс контроля основных МЗИ, включающий процедуры:

- закрытие от загрузки ОС через внешний накопитель (процедура 1);
- поддержание целостности рабочей среды (процедура 5);
- администрирование работы МЗИ НСД (процедура 6).

Это, в свою очередь, позволяет показатель (16) целостности информации в ИСБ представить в виде:

$$\begin{aligned} I &= P(2^n (1 - P_{(u)}) \geq V_{(mn)}) = \\ &= 1 - P(2^n (1 - P_{(u)}) < V_{(mn)}) = \\ &= 1 - P((2^{n_{(kd)}} \circ 2^{n_{(km)}}) \cdot (1 - P_{(u)}) < V_{(mn)}), \end{aligned} \quad (18)$$

где $2^{n_{(kd)}}$ – случайная величина адресного пространства, целостность которого обеспечивается реализацией процесса автоматизированного контроля доступа пользователей к информации в ИСБ; $2^{n_{(km)}}$ – случайная величина адресного пространства, целостность которого обеспечивается реализацией процесса основных МЗИ в ИСБ.

Аналогичным образом показатель (17) доступности информации в ИСБ представляется в виде:

$$\begin{aligned} A &= P(\tau_{(o)} \leq \tau_{(on)}) = 1 - P(\tau_{(on)} < \tau_{(o)}) = \\ &= 1 - P(\tau_{(on)} < \tau_{(o(kd))} \circ \tau_{(o(km))}), \end{aligned} \quad (17)$$

где $\tau_{(o(kd))}$ – случайная величина времени доступа к информации в ИСБ, обеспечиваемая реализацией процесса автоматизированного контроля доступа пользователей к информации в ИСБ;

$\tau_{(d(kd))}$ – случайная величина времени доступа к информации в ИСБ, обеспечиваемая реализацией процесса контроля основных МЗИ в ИСБ.

Таким образом, в статье предлагаются показатели эффективности информационных процессов в интегрированных системах безопасности в условиях оптимального управле-

ния процедурами защиты информации от несанкционированного доступа. Набор рассмотренных показателей позволяет провести комплексный анализ защищенности интегрированных систем безопасности, а также выработать рекомендации по совершенствованию управления процедурами защиты информации в них.

ЛИТЕРАТУРА

1 Минаев В.А., Скрьль С.В. Основы информационной безопасности: учебник для высших учебных заведений МВД России. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2001. 464 с.

2 Белокров С.В., Скрьль 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 Белокров С.В., Скрьль 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.

REFERENCES

1 Minaev V.A., Skryl' S.V. Osnovy informatsionnoi bezopasnosti [Basics of information security]. Voronezh, Voronezhskii institute MVD, 2001. 464 p.

2 Belokurov S.V., Skryl' S.V., Dzhogan V.K. et al. Metody i sredstva analiza effektivnosti system informatsionnoi bezopasnosti pri ikh razrabotke [Methods and tools for the analysis of the effectiveness of information security in their development]. Voronezh, Voronezhskii institute MVD, 2012. 83 p.

3 Belokurov S.V., Skryl' S.V., Dzhogan V.K. et al. Model ii algorimy avtomatizirovannogo kontroliaeffektivnosti system zashchity informatsii v avtomatizirovannykh sistemakh [Models and algorithms for the automated control of the effectiveness of information security systems in automated systems : monograph]. Voronezh, Voronezhskii institute MVD, 2012. 116 p.

УДК 681.5.032

Профессор М.М. Благовещенская

(Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва)

кафедра информационных технологий и автоматизированных систем. тел.+7 (499) 750-01-11

E-mail: mmb@mgupp.ru

старший научный сотрудник В.В. Макаров

(Институт проблем управления РАН, г. Москва) тел.(495)334-87-59

E-mail: makarov@ipu.ru

Professor M.M. Blagoveshchenskaia

(Moscow State University of Food Production) Department of Information Technologies and Automated Systems.phone +7 (499) 750-01-11

E-mail: mmb@mgupp.ru

senior scientist V.V. Makarov

(Institute of Control Sciences RAS, Moscow) phone (495)334-87-59

E-mail: makarov@ipu.ru

Идентификационный аспект в методологии создания систем управления технологическими объектами с нестационарными параметрами

Identification aspect of methodology design of control system time-variant process

Реферат. Специфика производства продуктов питания требует совершенствования систем автоматического регулирования процессов в аппаратах, агрегатах и установках. При создании адаптивной системы управления технологическим процессом производства продуктов питания на основе модели объекта управления следует провести дополнительный анализ по выбору алгоритма идентификации на реальной достаточно представительной выборке входных данных и результатов измерений выходного сигнала. В работе с помощью имитационного моделирования проанализировано свыше 53 алгоритмов рекуррентной идентификации плюс основные модификации этих алгоритмов, используя в общей сложности 47 возможных критериев оценивания для нестационарных многомерных динамических объектов. На основе этого анализа для рассматриваемого класса объектов для инженерной практики рекомендован ряд алгоритмов. Обсуждаются возможности программного пакета, имеющего самый полный на сегодняшний день набор алгоритмов параметрической идентификации. Для данных конкретных условий сравнения алгоритмов идентификации в пакете при идентификации стационарных коэффициентов в уравнении объекта наиболее эффективными оказались: Айзерман-1, Качмаж, Нагумо-Нода, Растринг, Фильтр Калмана, Фактор забывания, Цыпкин. При нестационарных коэффициентах объекта – Качмаж, Нагумо-Нода, Фильтр Калмана; лучший результат показал алгоритм идентификации Нагумо-Нода.

Summary. Specificity of a food manufacture demands perfection of automatic control systems of processes in devices, units and installations. Creation of an adaptive control system by technological process of a food on the basis of model of control object it is necessary to carry out the additional analysis for choice algorithm of identification on real enough to representative sample of input data and output signal/data. In article on the basis of simulation it is analyzed over 53 algorithms of recurrent identification plus the basic modifications of these algorithms by 47 criteria for time-varying multivariable linear dynamic objects. On the basis of this analysis for engineering practice for a considered class of objects some algorithms are recommended. Possibilities of the software suite having for today the fullest set of parametrical identification algorithms are discussed. For given specific conditions of comparison in the package identification algorithms for identification of stationary coefficients in the equation object of the most effective were: Yzerman-1, Kaczmarz, Nagumo-Noda, Rastrigin, Kalman filter, the forgetting factor, Zipkin. When pointwise object - Kaczmarz, Nagumo-Noda, Kalman filter; showed the best result identification algorithm-Nagumo Noda.

Ключевые слова: идентификация, рекуррентные алгоритмы, метод наименьших квадратов, нестационарный процесс, адаптивная система управления, оценка параметров, моделирование, параметрические модели, дискретные сигналы.

Keywords: identification, recursive algorithms, least squares method, time-variant process, adaptive control system, parameter estimation, simulation, parametric models, discrete time signals.

Специфика производства продуктов питания требует совершенствования систем автоматического регулирования процессов в аппаратах, агрегатах и установках. Это технологическое оборудование составляют сложные объекты управления со значительным временем запаздывания, ярко обозначенными критическими границами, вблизи которых необходимо вести процесс с переменными параметрами [1].

Одним из наиболее эффективных видов систем управления объектами с изменяющимися параметрами являются адаптивные системы с идентификатором. Блок идентификации в этих системах непрерывно или периодически уточняет параметры модели объекта управления. При этом подразумевается, что в блоке идентификации реализован аппаратно или программно один из рекуррентных алгоритмов идентификации.

Однако алгоритмы идентификации, которые разработаны и применяются для оценки неизвестных, но неизменяющихся во времени параметров в условиях моделирования для независимых входных сигналов и других явных и неявных априорных условий, на практике показывают далеко не лучшие результаты. Нестационарность параметров, их взаимосвязь, изменяющиеся вероятностные характеристики входных сигналов могут приводить к трудно предсказуемым теоретически результатам построения моделей таких производственных объектов.

К настоящему времени разработано и в той или иной мере исследовано большое число рекуррентных алгоритмов идентификации. Алгоритмы идентификации разбросаны по многочисленным монографиям, специальным периодическим изданиям и техническим отчетам. Далеко не полная библиография приводится в данной работе [3-12]. С скромная часть этого множества алгоритмов реализована в виде программных инструментальных средств таких, как Matlab, Unity Pro и других подобных систем. Проблема заключается в том, что нет среди всех алгоритмов наилучшего для реальных условий идентификации.

Инженер-практик, взявшийся за реализацию адаптивной системы управления с идентификатором, оказывается перед проблемой выбора конкретного алгоритма идентификации. В таких системах управления именно идентификатор позволяет получать модели заданного качества для управления по модели, когда по поступающим данным, результатам измерений, уточняются параметры модели.

В работе на основе имитационного моделирования проанализировано свыше 53 алгоритмов рекуррентной идентификации плюс ос-

новные модификации этих алгоритмов с возможностью оценки работы идентификатора по большому числу критериев, в общей сложности до 47 критериев для нестационарных многомерных односвязных динамических объектов.

В условиях неопределённости широкое применение получили итерационные или рекуррентные алгоритмы идентификации, обладающие рядом преимуществ: простота реализации, большое быстродействие, возможность получения состоятельных оценок. Некоторые конструктивные особенности в итерационные алгоритмы вносятся в процессе непосредственной реализации их в системах управления, что связано с особенностями и свойствами исследуемого процесса или объекта.

Как сказано выше, ряд методов рекуррентной идентификации реализован в известном программном пакете Matlab. В пакете Matlab возможно получение оценок параметров модели объекта непосредственным программированием, т.е. обращением к функции расчета полинома коэффициентов ARMAX или использованием подсистем Simulink и System Identification Toolbox. Однако ни в целом пакет, ни отдельные его части, даже алгоритмы нецелесообразно использовать на промышленных контроллерах в системах адаптивного управления. Причем размер и стоимость пакета, отнюдь не главные причины отказа в использовании пакета в промышленных регуляторах. Все средства Matlab работают с одномерными односвязными объектами. В целом пакет не ориентирован на получение текущих оценок параметров и их анализ в реальном времени. В работах [9, 10] было предложено сделать расширение возможностей Matlab, включением в него пакета Recursive Identification Algorithms Library в подсистему Simulink. Однако только в релизе пакета Matlab R2013b в System Identification Toolbox представлены три алгоритма рекуррентной идентификации из предлагаемой библиотеки.

Кроме того, используемые в Matlab алгоритмы идентификации: фактор забывания и алгоритм Левенберга-Маркварда [7, 8], на разных выборках не всегда показывают для нестационарных объектов хорошие результаты, в сравнении с другими алгоритмами. Это означает, что нет универсального лучшего для всех условий идентификации алгоритма.

Отсутствие ясных рекомендаций в использовании алгоритмов идентификации является, по-видимому, одной из причин того, что ведущие фирмы-производители промышленных контроллеров и программного обеспечения к ним предпочитают использовать в своих

системах классические PID-контроллеры или PID-контроллеры с самонастройкой [11]. Однако для систем управления нестационарными объектами такие контроллеры проигрывают в точности настройки, а часто требуют эвристического подбора параметров настройки, т.е. присутствия оператора [2].

Практически все рассматриваемые алгоритмы идентификации представляют собой нелинейные функции, поэтому получение аналитических оценок для большинства алгоритмов вызывает значительные трудности. Кроме того, для практических приложений важными являются такие параметры модели объекта, как высокий порядок дифференциального или разностного уравнения и произвольное количество входов. Поэтому сравнение алгоритмов выполнялось численным моделированием. Для получения достоверных убедительных результатов на основе численного моделирования необходимо с одной стороны иметь возможность получать достаточно разнообразные входные сигналы и возможность рассматривать различные типы параметрической нестационарности. С этой целью был создан программный пакет, позволяющий выполнить поставленную задачу [12].

В программном пакете предусмотрена возможность либо моделирования входных сигналов по вероятностным распределениям: равномерное, нормальное, гамма, бета, экспоненциальное, Лапласа, Коши, либо использование данных с реального объекта управления. Реализованы алгоритмы идентификации коэффициентов в авторегрессионном уравнении [3-10]: алгоритмы на основе Р- и SP- подходов, алгоритмы Айзермана, Качмаж, Нагумо-Нода, МНК, РМНК, Аведьян, Растринг, алгоритмы Цыпкина, фильтр Калмана, алгоритм фактор забывания, алгоритм Левенберга-Маркварда и другие. Всего проанализировано 53 алгоритма идентификации плюс основные модификации этих алгоритмов.

Для оценки качества идентификации используются различные критерии адаптации: по выходу и параметрам, точечные и интегральные, оценки скорости сходимости, отношения ошибки дисперсии, величины ошибки, среднеквадратические оценки – всего возможно использовать 47 критериев.

В общем случае под объектом для сравнения алгоритмов идентификации, подразумевалась модель технологического процесса, которая описывается как многомерный односвязный объект, получаемый декомпозицией из

многомерного многосвязного объекта с наблюдаемыми входами x_r , $r = \overline{1, L}$ и выходом y [2]:

$$y(n) = \sum_i C_j(n) X(n-i) + \sum_j A_j(n) y(n-j) + v(n), \quad (1)$$

где $C_j^T(n) = (C_1(n), C_2(n), \dots, C_L(n))$ – вектор неизвестных параметров при входных переменных; $A^T(n) = (a_1(n), a_2(n), \dots, a_K(n))$ – вектор неизвестных параметров при выходных переменных; $X(n) = \sum_{r=1}^L x_r(n), v(n)$ – приведенный шум.

Модель для объекта заданного уравнением (1) обычно записывают в более компактном виде:

$$y_n = \varphi_n^T \theta_{n-1},$$

где

$$\varphi_n^T = (x_1(n), x_2(n), \dots, x_L(n), x_1(n-1), x_2(n-1),$$

$$\dots, x_L(n-1), \dots, x_1(n-I), x_2(n-I), \dots,$$

$$\dots, x_L(n-I), y(n-1), y(n-2), \dots, y(n-K))$$

обобщенный вектор входов;

$$\theta_{n-1}^T = (\hat{c}_1(n-1), \hat{c}_2(n-1), \dots, \hat{c}_L(n-1), \hat{c}_1(n-2), \hat{c}_2(n-2),$$

$$\dots, \hat{c}_L(n-2), \hat{c}_1(0), \hat{c}_2(0), \dots, \hat{c}_L(0), \hat{a}_1(n-1), \hat{a}_2(n-1),$$

$$\dots, \hat{a}_K(n-1))$$

– вектор оцениваемых параметров на временном такте $(n-1)$, соответственно, $\hat{C}_j(n-i)$ – оценки коэффициентов при L входах $x_j(n)$ для временного лага до I , $\hat{a}_i$ – оценки коэффициентов при выходах в соответствующие моменты времени.

В работе проведен анализ сходимости коэффициентов модели объекта по оценке качества идентификации в случае их стационарности или нестационарности для многомерного объекта с десятью входами при использовании различных алгоритмов идентификации, которые были реализованы в программном пакете при устойчивом объекте. На выходе объекта добавлен аддитивный шум.

На рисунке 1 приведены коэффициенты объекта и модели в случае периодической нестационарности при идентификации алгоритмом Нагумо-Нода, в сравнении, на рисунке 2 – алгоритм идентификации на основе фильтра Калмана.

Рассматривая этот модельный пример, хочется обратить внимание на очевидное заключение, вытекающее из качественного анализа результатов слежения за параметрами. Алгоритм идентификации на основе калмановской фильтрации, специально разработанный для рекуррентного оценивания нестационарных систем, при определенных условиях проигрывает в точности слежения алгоритму идентификации Нагумо-Нода.

Для методологии построения адаптивных систем с идентификатором этот вывод приводит к необходимости использовать при проектировании не один единственный алгоритм оценивания, какой бы хороший по заключению разработчика алгоритма он не был, а все множество алгоритмов (в нашем пакете собрано 53 алгоритма [12]) для реальных условий идентификации. Выбрав наилучший алгоритм, можно приступить к аппаратно-программной реализации системы управления.

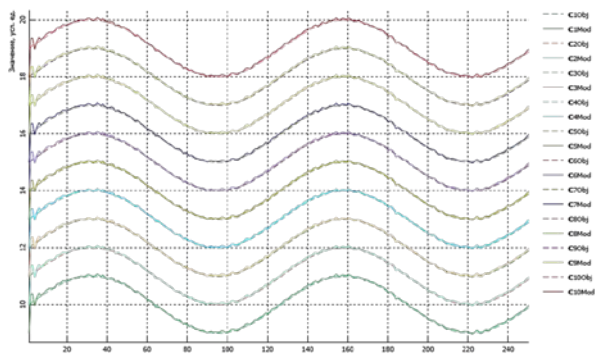


Рисунок 1. Коэффициенты объекта C_{oi} и модели C_{mi} . Алгоритм идентификации Нагумо-Нода.

ЛИТЕРАТУРА

1 Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами. учеб. для вузов. М.: Высшая школа, 2005. 768 с.

2 Александров А.Г., Паленов М.В. Самонастраивающийся ПИД/И-регулятор // Автоматика и телемеханика. 2011. № 10.

3 Жиров М.В., Макаров В.В., Солдатов В.В. Идентификация и адаптивное управление технологическими процессами с нестационарными параметрами. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 203 с.

4 Isermann R., Münchhof M. Identification of Dynamic Systems. An Introduction with Applications. Berlin, Springer-Verlag, 2011. 705p.

5 Bobál V., Böhm J., Fessl J., Macháček J. Digital Self-tuning Controllers: Algorithms, Implementation and Applications. London, Springer-Verlag, 2005. 318 p.

6 Пупков К.А., Егупов Н.Д. Методы классической и современной теории автоматического управления: в 3 томах. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.

7 Цыпкин, Я.З. Основы информационной теории идентификации. М.: Наука, 1984. 336 с.

8 MATLAB and Simulink for Technical Computing. Документация по программе MATLAB 2011 [Электронный ресурс] // MathWorks. 2011. – Режим доступа: <http://www.mathworks.com/>.

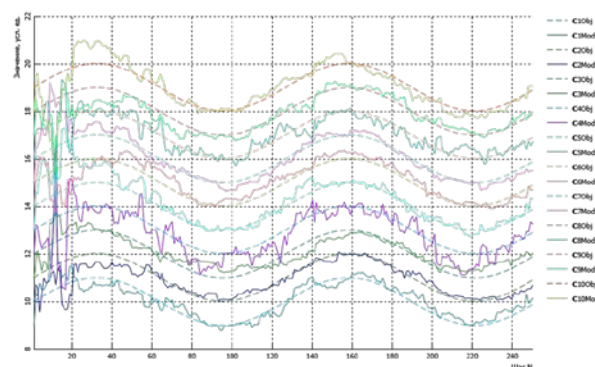


Рисунок 2. Коэффициенты объекта C_{oi} и модели C_{mi} . Идентификация на основе фильтра Калмана.

Для наших конкретных условий сравнения алгоритмов идентификации в пакете [12] при идентификации стационарных коэффициентов в уравнении объекта (1) наиболее эффективными оказались: Айзерман-1, Качмаж, Нагумо-Нода, Растрингин, Фильтр Калмана, Фактор забывания, Цыпкин. При нестационарных коэффициентах объекта – Качмаж, Нагумо-Нода, Фильтр Калмана; лучший результат показал алгоритм идентификации Нагумо-Нода.

9 Ljung L. System Identification Toolbox: For use with MATLAB. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 2004. 830 p.

10 Navrátil P., Bobál V. Recursive identification algorithms library. // Proceedings 17th International Conference on Process Control, 2009. pp. 516-523.

11 Unity PRO. Control Block Library [Электронный ресурс] // Schneider Electric, 2009, no. 4. – Режим доступа: <http://www.schneider-electric.com/>.

12 Макаров В.В., Михеев А.С. Имитационная система моделирования адаптивной системы управления с идентификатором. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2013610594. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 9 января 2013г.

REFERENCES

1 Blagoveshchenskaia M.M., Zlobin L.A. Informatsionnye tekhnologii system upravleniia tekhnologicheskimi protsessami [Information technologies for Process Control Systems]. Moscow, Vysshiaia shkola, 2005. 768 p. (In Russ.).

2 Aleksandrov A.G., Palenov M.V. Self-tuning PID/I Controller. Avtomatika i telemekhanika. [Automation and teleautomatics], 2011, vol. 72, no. 11, pp. 2010. (In Russ.).

3 Zyrov M.V. Identification and adaptive Control for Time-varying Technological Process / M.V. Zyrov, V.V. Makarov, V.V. Soldatov – Moscow, Bauman State Technical University , 2011. – 203 c. (In Russ.).

4 Isermann R., Münchhof M. Identification of Dynamic Systems. An Introduction with Applications. Berlin, Heidelberg, Springer-Verlag, 2011. 705p.

5 Bobál V., Böhm J., Fessl J., Macháček J. Digital Self-tuning Controllers: Algorithms, Implementation and Applications. London, Springer-Verlag, 2005. 318 p.

6 Pupkov K.A., Egupov N.D. Metody klassicheskoi i sovremennoi teorii avtomaticheskogo upravleniia [Classical and modern methods of theory of automatic control]. Moscow, Izdatel'stvo MG TU im. N.E. Baumana, 2004. (In Russ.).

7 Tsyarkin Ia.Z. Osnovy informatsionnoi teorii identifikatsii [Foundation of information theory of identification]. Moscow, Nauka, 1984. 336 p. (In Russ.).

8 MATLAB and Simulink for Technical Computing. Documentation on the program MATLAB 2011. MathWorks. 2011. Available at: <http://www.mathworks.com/>.

9 Ljung L. System Identification Toolbox: For use with MATLAB. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 2004. 830 p.

10 Navrátil P., Bobál V. Recursive identification algorithms library. Proceedings 17th International Conference on Process Control, 2009. pp. 516-523.

11 Unity PRO. Control Block Library. Schneider Electric, 2009, no. 4. Available at: <http://www.schneider-electric.com/>.

12 Makarov V.V., Mikheev A.S. Imitatsionnaia sistema modelirovaniia adaptivnoi sistemy upravleniia s identifikatorom. [Simulation system of adaptive control system with identification]. Certificate of state registration computer program №2013610594. (In Russ.).

УДК 539.3;534.1

Научный сотрудник В.С. Поленов,
старший научный сотрудник Л.А. Кукарских,

(Воронеж, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина») 4 НИО НИЦ (БП и О ВВС).

тел. (473) 244-77-16

E-mail: kukarskih.liubov@yandex.ru

доцент А.Н. Скларов

(Воронеж, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина») кафедра ИАО.

тел. (473) 244-77-44

E-mail: alex_skl@rambler.ru

Scientific associate V.S. Polenov,

senior staff scientist L.A. Kukarskih,

(Voronezh, Military Educational Research Centre of Air Force «Air Force Academy after professor N.E. Zhukovskii and Iu.A. Gagarin») 4 RD dep. res. cent. (battle application and security VVC).

phone (473) 244-77-16

E-mail: kukarskih.liubov@yandex.ru

associate Professor A.N. Skliarov

(Voronezh, Military Educational Research Centre of Air Force «Air Force Academy after professor N.E. Zhukovskii and Iu.A. Gagarin») Department of aerod.-engin. supply.

phone (473) 244-77-44

E-mail: alex_skl@rambler.ru

К распространению звуковых волн в двухкомпонентной наследственно-упругой среде

Acoustic waves emission in the two-component hereditary-elastic medium

Реферат. Вопросам динамики двухкомпонентных сред посвящен ряд работ, в которых рассматриваются упругие волны в однородной, насыщенной жидкостью неограниченной пористой среде. В других работах решаются вопросы диссипативных процессов при гармоническом деформировании наследственно-упругой среды. В данной работе исследуются диссипативные процессы при гармоническом деформировании насыщенной несжимаемой жидкостью вязкоупругой пористой среды, наследственные свойства которой описываются ядром релаксации дробно экспоненциальной функции Ю.Н. Работнова интегро-дифференциальных соотношений Больцмана-Вольтерра. Получены формулы для определения скорости распространения волн, коэффициента поглощения, тангенса угла механических потерь и декремента затухания в зависимости от параметра дробности γ . Построены графики зависимостей от логарифма частоты и температуры при заданном параметре дробности. Представлены зависимости скорости, коэффициента затухания и тангенса угла сдвига фаз от логарифма температуры, а также зависимость коэффициента затухания от логарифма частоты. Зависимости скорости и тангенса угла сдвига фаз от частоты идентичны зависимостям от логарифма температуры.

Summary. On the dynamics of two-component media a number of papers, which address the elastic waves in a homogeneous, unbounded fluid-saturated porous medium. In other studies address issues of dissipative processes in harmonic deformation hereditary elastic medium. In the article the dissipative processes of the viscoelastic porous medium, which hereditary properties are described by the core relaxation fractional exponential function U.N. Rabotnova integro-differential Boltzmann-Volterra ratio, harmonic deformation by the straining saturated incompressible liquid are investigated. Speed of wave propagation, absorption coefficient, mechanical loss tangent, logarithmic decrement, depending on fractional parameter γ , determining formulas received. The frequency logarithm and temperature graph dependences with the goal fractional parameter are constructed. Shows the dependences velocity and attenuation coefficient of the tangent of the phase angle of the logarithm of the temperature, and the dependence of the attenuation coefficient of the logarithm of the frequency. Dependencies the speed and the tangent of the phase angle of the frequency identical function of the logarithm of temperature.

Ключевые слова: звуковые волны, среда, ядро релаксации.

Keywords: sonic waves, medium, relaxation kernel

© Поленов В.С., Кукарских Л.А., Скларов А.Н., 2014

Вопросам динамики двухкомпонентных сред посвящены работы [1-7], в которых рассматриваются упругие волны в однородной, насыщенной жидкостью неограниченной пористой среде. В [8, 9] решаются вопросы диссипативных процессов при гармоническом деформировании наследственно-упругой среды.

Для одномерного случая систему уравнений движения двухкомпонентной наследственно-упругой среды запишем в виде [1, 2]:

$$\begin{aligned} \mu u_{,xx}^{(1)} + A_1 u_{,xx}^{(2)} &= \rho_{11} \ddot{u}^{(1)} + \rho_{12} \ddot{u}^{(2)} \\ A_1 u_{,xx}^{(1)} + A_2 u_{,xx}^{(2)} &= \rho_{12} \ddot{u}^{(1)} + \rho_{22} \ddot{u}^{(2)} \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь μ – модуль сдвига; A_1, A_2 – коэффициенты, зависящие от пористости среды и модуля сжимаемости жидкости; ρ_{12} – коэффициент динамической связи скелета и жидкости [1] ($\rho_{12} > 0$); $\rho_{11} = \rho_1/a_1$ и $\rho_{22} = \rho_2/a_2$ – истинные плотности наследственно-упругой компоненты и жидкости в порах; ρ_1, ρ_2 – массы компонент в единице объема среды; a_1, a_2 – величины, характеризующие доли объема смеси, занимаемые каждой компонентой ($a_1 + a_2 = 1, a_1 > 0, a_2 > 0$).

Индексы, стоящие сверху в круглых скобках относятся соответственно: 1 – к наследственно-упругой компоненте, 2 – к жидкости. Точка над буквой означает производную по времени, а индекс внизу, стоящий после запятой, указывает дифференцирование по координате x .

Систему (1) перепишем в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\mu}{H} u_{,xx}^{(1)} + \sigma_{22} u_{,xx}^{(2)} &= \frac{1}{G^2} (\gamma_{11} \ddot{u}^{(1)} + \gamma_{12} \ddot{u}^{(2)}) \\ \sigma_{12} u_{,xx}^{(1)} + \sigma_{22} u_{,xx}^{(2)} &= \frac{1}{G^2} (\gamma_{12} \ddot{u}^{(1)} + \gamma_{22} \ddot{u}^{(2)}) \end{aligned} \quad (2)$$

$$\sigma_{12} = \frac{A_1}{H}, \quad \sigma_{22} = \frac{A_2}{H}, \quad \gamma_{11} = \frac{\rho_{11}}{\rho}, \quad \gamma_{12} = \frac{\rho_{12}}{\rho}, \quad \gamma_{22} = \frac{\rho_{22}}{\rho}$$

$$H = \mu + 2A_1 + A_2, \quad \rho = \rho_{11} + 2\rho_{12} + \rho_{22}, \quad G^2 = \frac{H}{\rho}$$

Решение системы (2) ищем в виде:

$$u^{(\delta)} = \tilde{N}^{(\delta)} \exp(i\omega t - \theta x), \quad \theta = a + i \frac{\omega}{c}, \quad \delta = 1, 2, \quad (3)$$

где a – коэффициент затухания волн; ω – круговая частота; c – скорость волны.

Подставим (3) в (2), после преобразования, получим:

$$\begin{aligned} \left(\gamma_{11} \omega^2 + \frac{\bar{\mu}}{H} G^2 \theta^2 \right) C^{(1)} + \left(\gamma_{12} \omega^2 + \sigma_{12} G^2 \theta^2 \right) C^{(2)} &= 0 \\ \left(\gamma_{12} \omega^2 + \sigma_{12} G^2 \theta^2 \right) C^{(1)} + \left(\gamma_{22} \omega^2 + \sigma_{22} G^2 \theta^2 \right) C^{(2)} &= 0, \end{aligned} \quad (4)$$

где $\bar{\mu}$ – упругий оператор.

Для того чтобы однородная система имела нетривиальное решение, ее определитель, составленный из коэффициентов при $C^{(\delta)}$ ($\delta = 1, 2$), должен быть равен нулю.

Раскрывая определитель, будем иметь:

$$\begin{aligned} &(\gamma_{11} \gamma_{22} + \gamma_{12}^2) \omega^4 + (\gamma_{11} \sigma_{22} + \gamma_{22} \frac{\bar{\mu}}{H} - \\ &- 2\gamma_{12} \sigma_{12}) G^2 \omega^2 (a + i\beta)^2 + \\ &+ \left(\frac{\bar{\mu}}{H} \sigma_{22} - \sigma_{12}^2 \right) G^4 (a + i\beta)^4 = 0, \quad \beta = \frac{\omega}{\bar{n}} \end{aligned} \quad (5)$$

Выразим упругий оператор $\bar{\mu}$ через ядро релаксации – дробно-экспоненциальную функцию Ю.Н. Работнова, имеющую в пространстве Фурье вид [11]:

$$\bar{\mu} = \mu_{\infty} - \frac{\Delta \mu}{1 + (i\omega \tau_{\mu})^{\gamma}}, \quad (6)$$

где τ_{μ} – время релаксации; $\Delta \mu = \mu_{\infty} - \mu_0$, μ_{∞}, μ_0 – нерелаксированное и релаксированное значения модуля; γ – структурно-чувствительный параметр (параметр дробности), $0 \leq \gamma \leq 1$. При $\gamma = 1$ наследственные свойства сдвиговой деформации описываются моделью стандартного линейного тела.

Преобразуем (6) к виду:

$$\bar{\mu} = \frac{g}{h} + i \frac{\Delta \mu \sin \frac{\pi \gamma}{2}}{h} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} g &= \left(\frac{\mu_0}{\omega \tau_{\mu}} \right)^{\gamma} + \mu_{\infty} (\omega \tau_{\mu})^{\gamma} + (\mu_0 + \mu_{\infty}) \cos \frac{\pi \gamma}{2} \\ h &= \left(\frac{1}{\omega \tau_{\mu}} \right)^{\gamma} + (\omega \tau_{\mu})^{\gamma} + 2 \cos \frac{\pi \gamma}{2} \end{aligned}$$

Подставим (7) в (5), получим:

$$\begin{aligned} &(\gamma_{11} \gamma_{22} + \gamma_{12}^2) \omega^4 + \left[\left(\gamma_{11} \sigma_{22} + \frac{g_1}{h} \gamma_{22} - 2\gamma_{12} \sigma_{12} \right) + \right. \\ &+ i \gamma_{22} M_{\infty} \frac{(1 - \mu_0/\mu_{\infty}) \sin \frac{\pi \gamma}{2}}{h} \left. \right] G^2 \omega^2 (a + i\beta)^2 + \\ &+ \left[\left(\sigma_{22} \frac{g_1}{h} - \sigma_{12}^2 \right) + i \sigma_{22} M_{\infty} \frac{(1 - \mu_0/\mu_{\infty})}{h} \right] G^4 (a + i\beta)^4 = 0 \end{aligned} \quad (8)$$

$$g_1 = M_{\infty} \left[\left(\frac{\mu_0/\mu_{\infty}}{\omega \tau_{\mu}} \right)^{\gamma} + (\omega \tau_{\mu})^{\gamma} + \left(1 + \frac{\mu_0}{\mu_{\infty}} \right) \cos \frac{\pi \gamma}{2} \right], \quad M_{\infty} = \frac{\mu_{\infty}}{H}$$

Из (8) получим квадратное уравнение относительно z :

$$k \omega^4 z^2 + (a_1 + i a_2) G^2 \omega^2 z + (d_1 + i d_2) G^4 = 0 \quad (9)$$

$$k = \gamma_{11} \gamma_{22} - \gamma_{12}^2, \quad a_1 = \gamma_{11} \sigma_{22} + \frac{g_1}{h} \gamma_{22} - 2\gamma_{12} \sigma_{12}$$

$$a_2 = \gamma_{22} h^{-1} M_{\infty} \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_{\infty}} \right) \sin \frac{\pi \gamma}{2}, \quad d_1 = \sigma_{22} g_1 h^{-1} - \sigma_{12}^2,$$

$$d_2 = \sigma_{22} h^{-1} M_{\infty} \left(1 - \frac{\mu_0}{\mu_{\infty}} \right) \sin \frac{\pi \gamma}{2},$$

где z – комплексное число.

Оно находится по формуле:

$$z = (a + i\beta)^{-2}, \beta = \frac{\omega}{c} \quad (10)$$

Решение уравнения (9) запишем в виде:

$$z = -\frac{G^2}{2k\omega^2}(b_1 + ib_2) \quad (11)$$

$$b_1 = a_1 \pm \sqrt{r_1} \cos \frac{\varphi_1}{2}, b_2 = a_2 \pm \sqrt{r_1} \sin \frac{\varphi_1}{2}, r_1 = \sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2}$$

$$\delta_1 = a_1^2 - a_2^2 - 4kd_1, \delta_2 = 2(a_1 a_2 - 2kd_2),$$

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\delta_2}{\delta_1}, 0 \leq \varphi_1 \leq \frac{\pi}{2}$$

Из (11) с учетом (10) определим характеристики звуковых волн в насыщенной жидкостью наследственно-упругой пористой среде:

квадрат скорости распространения волн:

$$c_{1,2}^2 = \frac{r_2 G^2}{2(\gamma_{11}\gamma_{22} - \gamma_{12}^2)} \sec^2 \frac{\varphi_2}{2} \quad (12)$$

$$r_2 = \sqrt{b_1^2 + b_2^2}, \operatorname{tg} \varphi_2 = \frac{a_2 \pm \sqrt{r_1} \sin \frac{\varphi_1}{2}}{a_1 \pm \sqrt{r_1} \cos \frac{\varphi_1}{2}}$$

коэффициент поглощения [12]:

$$a = \frac{\omega}{c} \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} \quad (13)$$

логарифмический декремент затухания:

$$\delta = 2\pi \operatorname{tg} \frac{\varphi_2}{2} \quad (14)$$

По формулам (12) и (13) построены графики зависимости скорости и коэффициента затухания от температуры и частоты при следующих данных: $\sigma_{11}=0.85$, $\sigma_{22}=0.25$, $\sigma_{12}=0.05$, $\gamma_{11}=0.95$, $\gamma_{22}=0.05$, $\gamma_{12}=0$, $M_\infty=2$, $\mu_0/\mu_\infty=0.1$, $\omega=1$ или $\tau=1$.

Значения параметра дробности γ указаны на рисунках.

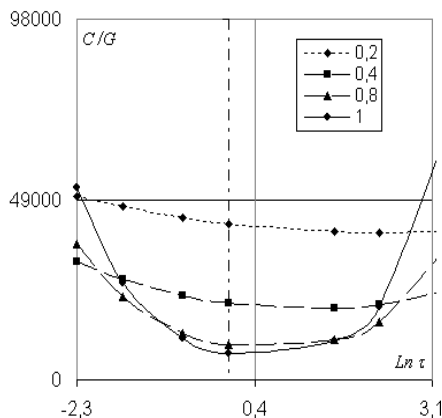


Рисунок 1. Зависимость скорости от температуры

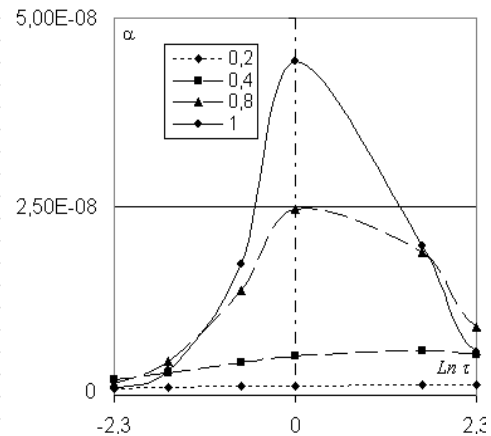


Рисунок 2. Зависимость коэффициента затухания от температуры

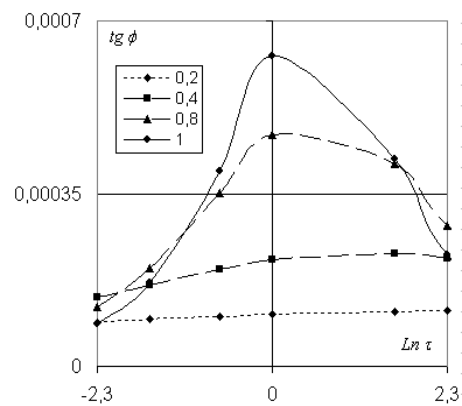


Рисунок 3. Зависимость тангенса угла от температуры

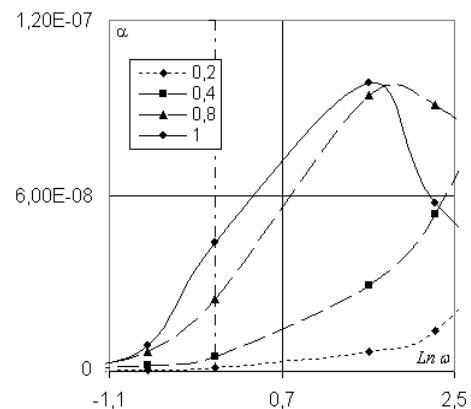


Рисунок 4. Зависимость коэффициента затухания от частоты

Рисунки 1-3 представляют зависимости скорости, коэффициента затухания и тангенса угла сдвига фаз от логарифма температуры, рисунок 4 – зависимость коэффициента затухания от логарифма частоты. Зависимости скорости и тангенса угла сдвига фаз от частоты идентичны зависимостям от логарифма температуры.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Био М.А. Теория распространения упругих волн в насыщенной водой пористой среде I. Диапазон низких частот // Акустическое общество. Америка. 1956. Т. 28. № 2. С. 168-178.
- 2 Био М.А. Теория распространения упругих волн в насыщенной водой пористой среде II. Диапазон высоких частот // Акуст. общество. Америка. 1956. Т. 28. № 2. С. 179-191.
- 3 Косачевский Л.Я. О распространении упругих волн в двухкомпонентных средах // ПММ. 1959. Т. 23. № 6. С. 1115-1123.
- 4 Масликова Т.И., Поленов В.С. О распространении нестационарных упругих волн в однородных пористых средах // Изв. РАН. МТТ. 2005. № 1. С. 104-108.
- 5 Поленов В.С. Нестационарные упругие волны в насыщенной жидкостью пористой среде // Теоретическая и прикладная механика. 2012. № 27. С. 84-90.
- 6 Поленов В.С., Чигарев А.В. Распространение волн в насыщенной жидкостью неоднородной пористой среде // Изв РАН. ПММ. 2010. Т. 74. № 2. С. 276-284.
- 7 Нигматулин Р.И. Основы механики гетерогенных сред. М.: Наука, 1978. 336 с.
- 8 Мешков С.И., Россихин Ю.А. О распространении звуковых волн в наследственно-упругой среде // ПМТФ. 1968. № 5. С. 89-93.
- 9 Шермергор Т.Д. Теория упругости микroneоднородных сред. М.: Наука, 1977. 399 с.
- 10 Работнов Ю.Н. Равновесие упругой среды с последействием // ПММ. 1948. Т. 12. № 1. С. 53-62.
- 11 Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Наука, 1966. 752 с.
- 12 Постников В.С. Внутреннее трение в металлах. М.: Metallurgia, 1974. 351 с.

REFERENCES

- 1 Bio M.A. Theory propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid I. Low-Frequency Range. *Akusticheskoe obshchestvo. Amerika*. [Acoustic society. America], 1956, vol. 28, no. 2, pp. 168-178. (In Russ.).
- 2 Bio M. A. Theory of propagation of elastic waves in a fluid-saturated porous solid II. Higher Frequency Range. *Akusticheskoe obshchestvo. Amerika*. [Acoustic society. America], 1956, vol. 28, no. 2, pp. 179-191. (In Russ.).
- 3 Kosachevskii L.Ia. Propagation of elastic waves in two-component medium. *PMM*. [AMM], 1959, vol. 23, no. 6, pp. 1115-1123. (In Russ.).
- 4 Maslikova T.I., Polenov V.S. Propagation of transitionals elastic waves in homogeneous porous medium. *Izvestiia RAN MTT*. [Bulletin of RAS. RBM], 2005, no. 1, pp. 104-108. (In Russ.).
- 5 Polenov V.S. Rheonomous elastic waves in a fluid-saturated porous solid. *Teoreticheskaya i prikladnaya mekhanika*. [Theoretical and applied mechanics], 2012, no. 27, pp. 84-90. (In Russ.).
- 6 Polenov V.S., Chigarev A.V. Propagation waves in a fluid-saturated heterogeneous porous medium. . *Izvestiia RAN MTT*. [Bulletin of RAS. RBM], 2010, vol. 74, no. 2, pp. 276-284. (In Russ.).
- 7 Nigmatulin R.I. Osnovy mekhaniki geterogennykh sred [Fundamentals mechanics of heterogeneous environment]. Moscow, Nauka, 1978. 336 p. (In Russ.).
- 8 Meshkov S.I., Rossikhin Iu.A. Propagation of sonic waves in hereditary-elastic medium. *PMTF*. [AMTP], 1968, no. 5, pp. 89-93. (In Russ.).
- 9 Shermergor T.D. Teoriia uprugosti mikroneodnorodnykh sred [Theory of elasticity microinhomogeneous medium]. Moscow, Nauka, 1977. 399 p. (In Russ.).
10. Rabotnov Iu.N. Equilibrium of elastic medium with aftereffect. *PMM*. [AMM], 1948, vol. 12, no. 1, pp. 53-62.
- 11 Rabotnov Iu.N. Polzuchest' elementov konstruksii [Creep of structural component]. Moscow, Nauka, 1966. 752 p.
- 12 Postnikov V.S. Vnutrennee trenie v metallakh [Internal friction in metal]. Moscow, Metallurgiya, 1974. 351 p.

УДК 637.661.4

Доцент М.Е. Успенская

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) каф. техн. прод. животного происхождения.

тел. (473) 255-27-65

E-mail: maria20002@rambler.ru.

доцент З.Р. Ибрагимова, аспирант Р.Ю. Газданова

(Северо-Осетинский гос. ун-т им. К. Хетагурова) кафедра экспертизы товаров.

тел. (88672) 546267

E-mail: ibragimovazaira@yandex.ru.

Associate Professor M.E. Uspenskaia

(Voronezh state university of engineering technology) Department of Technology of animal products. phone (473) 255-27-65

E-mail: maria20002@rambler.ru.

associate Professor Z.R. Ibragimova, graduate R.U. Gazdanova

(North Ossetian State University named after K. Khetagurova) Department examination of goods. phone (88672) 546267

E-mail: ibragimovazaira@yandex.ru.

Перспективы создания заменителей цельного молока (ЗЦМ) с использованием плазмы крови сельскохозяйственных животных

Prospects for the creation of whole milk substitutes (WMS) with the use of blood plasma of farm animals

Реферат. Изучение свойств отдельных фракций крови сельскохозяйственных животных, условий ее обработки, детализированного анализа белкового состава позволяют рекомендовать плазму крови в качестве основы для заменителей цельного молока (ЗЦМ). Для получения ЗЦМ проводили гидролиз плазмы крови (ПК) препаратом протепсин. Установлены оптимальная концентрация препарата - 2,0 ед/г и режим проведения гидролиза. Сравнительный анализ аминокислотного состава гидролизата ПК, показал его адекватность молочным источникам, применяемым в составе ЗЦМ. Отмечена положительная динамика изменения массы тела в опытной группе крыс при скормливания полученного гидролизата ПК, прирост их массы составил 25,76 г (50 %) против контрольной группы. На основании исследований предложено техническое решение по получению нового сырьевого источника ЗЦМ и рецептуры для его производства, позволяющие максимально привлечь побочные продукты мясоперерабатывающего производства, сократить расходы пищевого сырья на кормовые цели. Исходя из знания известных потребностей растущих животных в питательных веществах, предложены варианты рецептурных композиций ЗЦМ, удовлетворяющие этим потребностям. Таким образом, получение и применение гидролизата ПК позволяет получить устойчивые коллоидные растворы – основы для ЗЦМ, рационально и максимально использовать побочные продукты переработки сельскохозяйственных животных, сократить расходы пищевого сырья на кормовые цели, укрепить кормовую базу животноводства.

Summary. Studying the properties of the individual fractions of blood of farm animals, the conditions of its processing, detailed analysis of the protein composition can recommend mu blood plasma as a basis for whole milk substitutes (WMS). For WMS were hydrolyzed blood plasma (BP) preparation protepsin. The optimal set drug concentration - 2.0 U/g and the mode of hydrolysis. Comparative analysis of the amino acid composition of the hydrolyzate BP showed its adequacy dairy sources used in the composition of milk replacer. A positive trend in changes in body weight in the experimental group of rats when fed the resulting hydrolyzate BP, increase their mass was 25.76 g (50%) versus the control group. Based on the research proposed technical solution for obtaining a new source of raw milk replacer and recipes for its production , allowing maximum draw side products you meat processing production , reduce costs of food raw materials for fodder purpose. Based on the knowledge needs of growing animals known nutrients, offered options of prescription formulations WMS satisfying these needs. Thus, the preparation and use of BP hydrolyzate provides a stable colloidal solutions - the basis for WMS, rationally and maximize the by-products of farm animals, reduce the costs of food raw materials for feed purposes, to strengthen the livestock feed base.

Ключевые слова: заменитель цельного молока, фермент, гидролизат белков, плазма крови сельскохозяйственных животных, корма.

Keywords: milk replacer, enzyme, protein hydrolyzate, blood plasma of agricultural animal, feed.

© Успенская М.Е., Ибрагимова З.Р., Газданова Р.Ю., 2014

Кровь сельскохозяйственных животных по биологической ценности близка к мясу и имеет в составе высокоценные белки, функциональность которых зависит от фракционной локализации. Фракции крови представлены плазмой (ПК) - межклеточной жидкостью, и форменными элементами (ФЭ) - рудиментарными клетками.

Белки плазмы ответственны за свертываемость, транспорт питательных веществ. В их состав входят альбумины, глобулины и фибриноген, а белки форменных элементов выполняют дыхательную функцию, важнейшим белком здесь является гемоглобин - пигмент, содержащий в своем составе органическое железо. Таким образом, белковая система крови чрезвычайно гетерогенна и в биологическом отношении многофункциональна. Знание состава белков и их свойств привело к тому, что имеется огромный опыт применения в практической деятельности человека крови сельскохозяйственных животных. Основные направления использования крови сельскохозяйственных животных представлены на рисунке 1.



Рисунок 1. Применение крови убойных животных

В силу дефицита молочных источников представляет интерес исследование возможности использования крови сельскохозяйственных животных как сырьевого источника для ЗЦМ, что и явилось целью.

В качестве объекта исследования служила ПК, которую получили сепарированием стабилизированной крови сельскохозяйственных животных. Количественное и качественное соотношение белковых фракций представлено в таблице 1 [1].

Т а б л и ц а 1

Содержание белковых фракций в плазме крови животных

Вид скота	Массовая доля фракций крови, %		Массовая доля белковых фракций плазмы, %			Итого
	Плазма	ФЭ	Фибриноген	Сывороточные альбумины	Сывороточные глобулины	
КРС	67,4	32,6	0,6	3,61	2,9	7,11
Свиньи	56,5	28,00	0,65	4,42	2,96	8,03
Лошади	60,2	40,00	0,46	3,83	3,00	7,48

Представленные данные свидетельствуют о том, что ПК превалирует в количественном отношении по сравнению с ФЭ для всех видов сельскохозяйственных животных, фракционный состав белков представлен фибриногеном, сывороточными альбуминами и глобулинами. Общая массовая доля составляет 7-8 %, это примерно в 2 раза больше, чем в молоке. Из-за способности ПК структурироваться, благодаря наличию белка системы свертываемости фибриногена, необходима разработка условий предотвращения этого эффекта. Наиболее эффективным способом, не требующим капитальных затрат, дорогостоящих или агрессивных сред, следует признать ферментацию белков с образованием продуктов с высокой степенью усвоения животным организмом.

В качестве ферментного препарата использовали протепсин, производимый ЗАО «Завод эндокринных ферментов» (Московская область, поселок Ржавки) по ТУ 9219-005-42789257-2005 со стандартным уровнем ак-

тивности. Ферментный препарат предварительно разводили в минимальном объеме воды с температурой 30-35 °С и вносили в ПК а различных концентрациях. Определяли остаточное количество белков во времени [2]. Результаты представлены на рисунке 2.

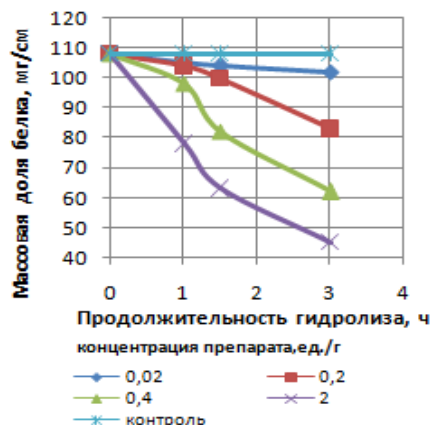


Рисунок 2. Динамика изменения содержания белка плазмы в процессе гидролиза препаратом протепсин.

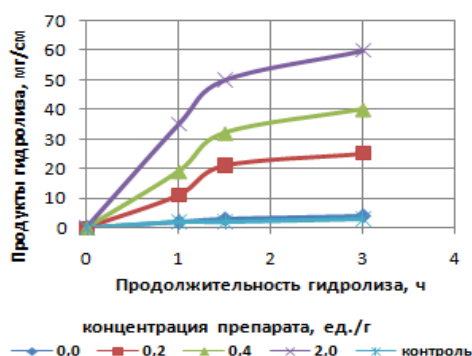


Рисунок 3. Динамика накопления продуктов гидролиза плазмы крови с использованием препарата протепсин.

На рисунке видно, что снижение уровня белка в плазме зависит от продолжительности гидролиза и концентрации ферментного препарата. Максимальное снижение отмечено при концентрации 2,0 ед./г. Соответственно, наблюдался рост продуктов гидролиза, определяемых как суммарные пептиды [2]. Дальнейшее увеличение концентрации ферментного препарата не целесообразно по экологическим соображениям, увеличение продолжительности процесса не желательно из-за развития микробиологических изменений.

Сравнительный аминокислотный состав гидролизата белков ПК в молочных источниках представлен в таблице 2. Из данных таблицы 2 видно, что гидролизат белков ПК максимально приближен к молочным источникам, применяемым в составе ЗЦМ и, следовательно, может быть использовано для этой цели.

Т а б л и ц а 2

Сравнительный анализ аминокислотного состава гидролизата плазмы крови и молока

Наименование аминокислоты	Объект исследования		
	Гидролизат плазмы	Молоко коровье цельное	Молочная сыворотка сухая
	Содержание, г/100г белка		
Изолейцин	3,2	5,65	6,7
Лейцин	10,2	9,6	10,3
Лизин	8,5	7,8	7,6
Метионин+Цистин	2,5	2,5	3,6
Фенилаланин+Тирозин	8,7	9,5	8,9
Треонин	4,6	4,3	4,7
Триптофан	1,5	-	2,7
Валин	4,1	6,6	5,9
Массовая доля белка, %	7,2	3,5	8,0

Примечание: определен на аминокислотном анализаторе ААА-881 в соответствии с инструкцией к прибору.

В опытах in vivo показаны преимущества нового сырьевого источника ЗЦМ (таблица 3)

Т а б л и ц а 3

Динамика изменения массы тела крыс при скормливания гидролизата плазмы крови

Группа животных	Прирост массы тела за 1-ую неделю опыта, г	Прирост массы тела за 2-ую неделю опыта, г	Прирост массы тела за 3-ю неделю опыта, г	Прирост массы тела за 4-ую неделю опыта, г
Опытная группа	32,75	49,00	68,50	76,02
Контроль	14,33	21,00	43,33	50,26

Исходя из знания известных потребностей растущих животных в питательных веществах, предлагаются варианты рецептурных композиций ЗЦМ, удовлетворяющих этим потребностям (таблица 4).

Т а б л и ц а 4

Примеры рецептурных композиций

Компоненты	Содержание, %		
	Рецептура 1	Рецептура 2	Рецептура 3
Гидролизат ПК	31,4	38,3	45,0
Крупа ячменная/Крупа, мука кукурузная	14,7	16,2	-
Сухая молочная сыворотка	23,6	19,4	13,3
Жир свиной	12,0	8,6	11,5
Рапс	15,3	-	10,3
Льносемя	-	-	13,4
Овес	-	13,7	4,5
Витамин А	1,0	1,4	0,5
Соль поваренная	0,4	0,3	0,5
Стабилизатор	0,4	1,1	-
Премикс ПКР-1	1,2	1,0	1,0
Итого	100	100	100

Новое техническое решение по получению сырьевого источника для ЗЦМ предлагается реализовать на этапах (рисунок 4):

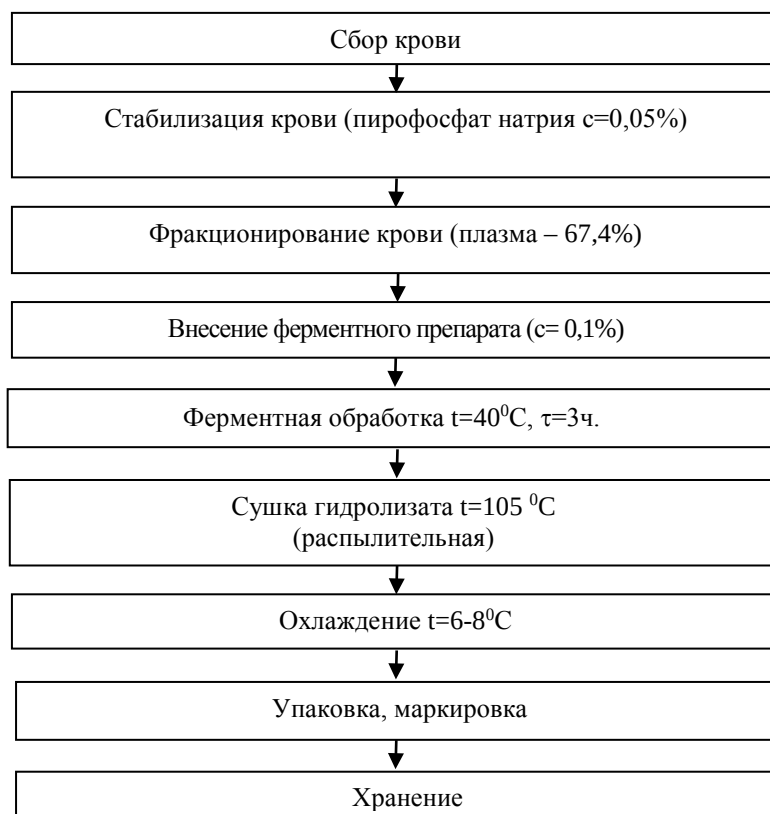


Рисунок 4. Технологическая схема производства кормового гидролизата плазмы крови

Таким образом, получение и применение гидролизата ПК позволяет получить устойчивые коллоидные растворы – основы для ЗЦМ, рационально и максимально использовать по-

бочные продукты переработки сельскохозяйственных животных, сократить расходы пищевого сырья на кормовые цели, укрепить кормовую базу животноводства.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лисицина А.Б. Переработка и использование побочных сырьевых ресурсов мясной промышленности и охрана окружающей среды: справочник. М.: ВНИИ мясной промышленности, 2000. 405 с.
- 2 Антипова Л.В. и др. Методы исследования мяса и мясных продуктов: учебник для вузов. М.: Колос, 2001. 376 с.
- 3 Соломахина Ю.И., Воронина И.В., Передериев С.А., Антипова Л.В. и др. Новые перспективы применения вторичных продуктов убоя сельскохозяйственных животных в производстве белковых кормов и функциональных пищевых продуктов // Успехи современного естествознания. 2011. № 7. С. 186-187

REFERENCES

- 1 Lisitsina A.B. Pererabotka i ispol'zovanie pobochnykh syr'evykh resursov miasnoi promyshlennosti i okhrana okruzhaiushchei sredy [Processing and use of raw materials side of the meat industry and environmental protection]. Moscow, VNII Miasnoi promyshlennosti, 2000. 405 p. (In Russ.).
- 2 Antipova L.V. et al. Metody issledovaniia miasa i miasnykh produktov [Methods of study of meat and meat products]. Moscow, Kolos, 2001. 376 p. (In Russ.).
- 3 Solomakhina Iu.I., Voronina I.V., Perederiev S.A., Antipova L.V. et al. New prospects for the use of secondary products of slaughter of farm animals in the production of protein feed and functional foods. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*. [Successes of modern science], 2011, no. 7, pp. 186-187. (In Russ.).

УДК 664.143

Профессор Г.О. Магомедов, доцент Л.А. Лобосова,
доцент М.Г. Магомедов, студентка А.С. Быкова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.), кафедра техн. хлеб., кондит., макарон. и зерноперер.
производств. тел. (473) 255-38-51
E-mail: Larisa_lobosova@mail.ru

Professor G. O. Magomedov, associate Professor L.A. Lobosova,
associate Professor M.G. Magomedov, student A.S. Bykova
(Voronezh state university of engineering technology) Department of technical meat and meat
products. phone (473) 255-38-51
E-mail: Larisa_lobosova@mail.ru

Молочные конфеты увеличенного срока годности

Milk candies with increased shelf life

Реферат. Рассмотрена технология получения молочных конфет на патоке увеличенного срока годности, формуемых методом «шприцевания» с помощью вакуумного шприца непрерывного действия, применяемого в мясной промышленности, в металлизированную пленку по типу «флоу-пак». Определены реологические характеристики конфетных масс: прочность, вязкость, органолептические, физико-химические показатели качества. При увеличении температуры уваривания молочной массы изменяются ее цвет, консистенция, массовая доля редуцирующих и сухих веществ. Установлено, что молочные массы на основе патоки хорошо формуруются при влажности 10-11 % и температуре 60 °С. Обоснованы преимущества нового способа формования изделий: выпускаемая продукция имеет индивидуальную упаковку, что увеличивает сроки хранения и повышает качество изделий, расширяет сферу использования; технологическое оборудование обладает высокой производительностью, компактностью и надежностью; продукция по потребительским качествам превосходит все известные аналоги; возможность поштучного использования при комплектовании обедов и завтраков в общественном питании, учреждениях, на транспорте. Упрощается технологический процесс. Рассчитана энергетическая ценность изделий на патоке в сравнении с контрольным образцом на сахаре. Она на 51 ккал меньше, чем в контрольном образце на сахаре. Таким образом, разработана технология функциональных молочных конфет пониженной сахароемкости. Продукция будет полезна всем, кто ведет здоровый образ жизни.

Summary. Technology for producing milk candies on molasses with increased shelf-life, molded by "extrusion" with a vacuum syringe of continuous action used in the meat industry, into metallized film like "flow-pack" is considered. Rheological characteristics of candy mass: strength, toughness, organoleptic, physical and chemical quality are determined. While increasing the temperature of milk mass the colour, texture, mass fraction of reducing substances and solids change. It was found out that molasses based milk mass is easily molded at a moisture content of 10-11 % and temperature of 60 °C. The advantages of the new method of forming products are: manufactured products have individual package, which increases the shelf life and improves the quality of products, extend the range of use, the technological equipment has a high productivity, it is compact and reliable. According to the consumer qualities the product surpasses all known analogs. Possibility of using a single-piece product while gathering dinners and breakfasts in public catering, establishments and transport. The technological process is simplified. Energy value of products on molasses in comparison with the control samples on sugar is calculated. It is 51 kcal less than in the control sample on sugar. Thus, the technology of functional milk candies with reduced sugar content is developed. The products will be useful for anyone who leads a healthy lifestyle.

Ключевые слова: функциональные изделия, патока, молочные конфеты, способ формования

Keywords: functional foods, molasses, milk candies, molding method.

Для дальнейшего развития кондитерского производства необходимо создавать и внедрять новую технику и прогрессивные ресурсосберегающие технологии, использовать местное и нетрадиционное сырье, совершенствовать ассортимент выпускаемой продукции с учетом рыночного спроса.

Кондитерские изделия – лакомства, которые любят взрослые и дети. Но их недостаток – повышенная сахароемкость, энергетиче-

ская ценность, незначительное содержание важных биологически активных веществ.

Интерес представляет замена сахара-песка низкокалорийными подслащивающими веществами, например, патокой. Кроме углеводов (глюкозы, мальтозы, декстринов) патока содержит некоторое количество красящих азотистых и минеральных веществ, органических кислот.

© Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Магомедов М.Г.,
Быкова А.С., 2014

Содержание белка в патоке не должно превышать 0,3 %, а минеральных веществ – 0,55 % в пересчете на сухие вещества. Азотистые вещества вызывают потемнение патоки, рН патоки должен быть не ниже 4,5 [1].

Цель исследования – разработка технологии молочных конфет на патоке увеличенного срока годности, формируемых в металлизированную пленку по типу «флоу-пак» методом «шприцевания», применяемом в мясной промышленности.

В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

- обоснование выбора патоки взамен сахара-песка;
- исследование структурно-механических свойств кондитерских масс;
- определение органолептических, физико-химических показателей качества;
- возможность применения прогрессивного способа формирования молочных конфетных масс методом «шприцевания»;
- расчет энергетической ценности изделий;
- расчет экономических показателей; разработка проектов технической документации (ТУ, ТИ, РЦ).

Определяли органолептические и физико-химические показатели: массовую долю сухих веществ (СВ) в сырье, полуфабрикатах и готовых изделиях рефрактометрическим методом (ГОСТ 5900-73 «Изделия кондитерские. Методы определения влаги и сухих веществ»); массовую долю редуцирующих веществ (РВ) в сырье и готовых изделиях феррицианидным методом (ГОСТ 5903-89 «Изделия кондитерские. Методы определения сахара»); пластическую прочность готовых изделий на коническом пластометре КП-3; эффективную вязкость на ротационном вискозиметре Воларовича РВ-8м [2].

Важными показателями качества молочной массы являются реологические характеристики – прочность, вязкость, позволяющие формировать ее методом «шприцевания».

Структурно-механические свойства молочных масс при формировании зависят от содержания в них влаги и других жидких компонентов, температуры, скорости деформации, продолжительности механического воздействия.

Определяли вязкостные свойства молочных масс. Полученные зависимости эффективной вязкости молочных масс от градиента скорости при температуре 60 °С имеют нелинейный вид, характерный для сред, проявляющих аномалию вязкости (рисунок 1).

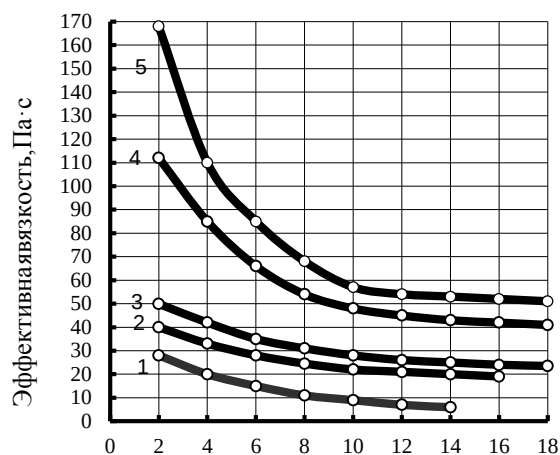


Рисунок 1. Зависимость эффективной вязкости от градиента скорости молочной массы при температуре уваривания: 1 – 106 °С; 2 – 108 °С; 3 – 110 °С; 4 – 112 °С; 5 – 114 °С

Характер кривых показывает, что с увеличением градиента скорости эффективная вязкость уменьшается. Причем, при незначительном увеличении градиента скорости (от 2 до 5 с⁻¹) наблюдается резкое снижение вязкости. В этот момент идет лавинное разрушение структуры за счет разрыва связей и переориентации частиц твердой фазы.

Дальнейшее увеличение градиента скорости вызывает незначительное уменьшение эффективной вязкости до минимального значения, соответствующего вязкости разрушенной структуры. Наименьшую вязкость имеет молочная масса, уваренная до температуры 106 °С (кривая 1), а наибольшую – до температуры 114 °С (кривая 5). В связи с этим массы, обладающие вязкостью 5-30 Па·с, можно использовать для приготовления начинок (кривые 1, 2, 3), а массы, обладающие вязкостью 50-60 Па·с – для получения молочных конфет.

Анализ кривых течения молочных масс (рисунок 2) показывает, что они относятся к дилатантным реологическим телам, о чем свидетельствует значительная величина предельного напряжения сдвига и существенная нелинейность кривых течения.

В процессе формирования структура молочных масс значительно разрушается, что зависит от скорости воздействия на массу и конструктивных особенностей машин и определяет дальнейший режим обработки отформованных корпусов.

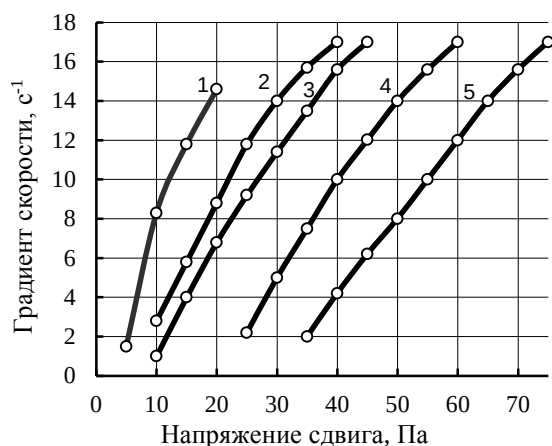


Рисунок 2. Зависимость градиента скорости от напряжения сдвига молочной массы при температуре уваривания: 1 – 106 °С; 2 – 108 °С; 3 – 110 °С; 4 – 112 °С; 5 – 114 °С

Второй важной характеристикой реологических свойств дисперсных масс является пластическая прочность, которая наряду с вязкостью наиболее полно отражает свойства молочной массы в условиях их оптимального формования (рисунок 3). Замена сахара на патоку приводит к снижению пластической прочности на 12,2 кПа.

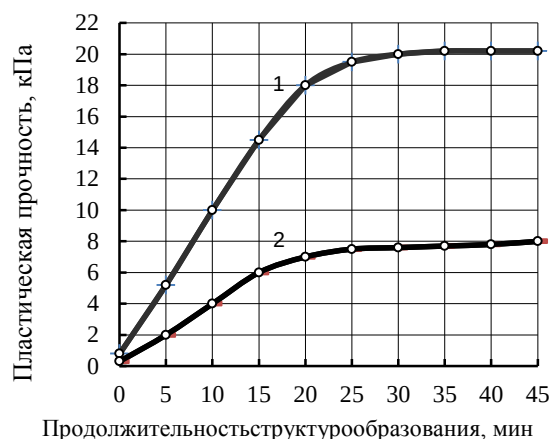


Рисунок 3. Зависимость пластической прочности молочной массы на 1 - сахаре, 2 – патоке от продолжительности выстойки

Молочные массы на основе патоки хорошо формируются при влажности 10-11 % и температуре 60 °С. Отформованные жгуты имеют гладкую, ровную поверхность.

В связи с этим, для формования методом «шприцевания» в металлизированную пленку наиболее подходящей является молочная масса, уваренная до температуры 112 °С.

Технология приготовления молочных конфет на патоке позволяет получить массы, длительное время сохраняющие свои свойства.

Определены органолептические и физико-химические показатели качества молочных конфет (таблица 1).

Т а б л и ц а 1
Органолептические и физико-химические показатели качества изделий

Наименование показателя	Контроль	Температура уваривания, °С				
		106	108	110	112	114
Органолептические						
Цвет	Светло-коричневый	Светлый кремовый	Кремовый		Светло-коричневый	Темно-коричневый
Вкус и запах	Свойственныйданномунаименованиюизделия					
Поверхность	Матовая	Глянцевая				
Консистенция	Твердая	Мягкая			С жевательными свойствами	
Физико-химические						
Содержание СВ, %	88,0	81,3	82,1	83,6	85,6	87,6
Содержание РВ, %	12,5	38,5	37,7	36,5	33,7	30,5

Из таблицы 1 видно, что при увеличении температуры уваривания молочной массы изменяются ее цвет, консистенция, массовая доля редуцирующих и сухих веществ.

Молочные конфеты по разработанной технологии одновременно формируются и упаковываются методом «шприцевания» в металлизированную пленку по типу «флоу-пак» с помощью шприца непрерывного действия, применяемого в мясной промышленности.

Использование такого способа формования и упаковки значительно упрощает технологический процесс и сокращает производственные площади. Предлагаемая технология выгодно отличается от применяемых в настоящее время способов производства и упаковки молочных конфет: применением новых подходов к формованию изделий, что обеспечивает разнообразие и качество форм; применением индивидуальной упаковки.

Предлагаемая технология обеспечивает высокую производительность при минимальных издержках (500-10000 кг/ч) [5].

Преимущества технологии: выпускаемая продукция имеет индивидуальную упаковку, что увеличивает сроки хранения и повышает качество изделий, расширяет сферу использования; технологическое оборудование обладает высокой производительностью, компактностью и надежностью; продукция по потребительским качествам превосходит все известные аналоги; возможность поштучного использования при комплектовании обедов и завтраков в обще-

ственном питании, учреждениях, на транспорте. Упрощается технологический процесс.

Энергетическая ценность молочных конфет «Вкусняша» составляет 306 ккал (1280 кДж), что на 51 ккал (214 кДж) меньше, чем в контрольном образце на сахаре. Срок годности – 6 мес.

В результате выполненного исследования разработан способ получения молочных конфет с полной заменой сахара-песка патокой. На способ формования получен патент RU № 2410991 С2 «Способ формования кондитерских изделий» [4].

ЛИТЕРАТУРА

1 Магомедов Г.О., Журавлев А.В., Лобосова Л.А., Барсуков И.Г. и др. Расчет давления нагнетания вязкопластичной кондитерской массы в оболочку //Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 7. С. 10-12.

2 Олейникова А. Я., Аксенова Л. М., Магомедов Г. О.Технология кондитерских изделий: учебник. СПб.: Изд-во «РАПП», 2010. 672 с.

3 Олейникова А. Я., Магомедов Г.О., Мирошникова Т.Н. Практикум по технологии кондитерских изделий. СПб.: ГИОРД, 2005. 480 с.

4 Пат RU № 2410991 С2. Способ формования кондитерских изделий / Магомедов Г.О., Бережная О.С., Лобосова Л.А., Лобосов В.Г.; Заявл. 22.01.2009; Опубл. 27.07.2010; Бюл. № 21.

5 Магомедов Г.О., Лобосова Л.А. Молочные конфеты на патоке // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: материалы II Международной научно-практической конференции, 22-24 сентября 2011 г. Краснодар: КубГТУ, 2011. С.164-167.

REFERENCES

1 Magomedov G.O., Zhuravlev A.V., Lobosova L.A., Barsukov I.G. et al. Calculation discharge pressure viscoplastic confectionery mass in shell. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyria*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2013. no. 7, pp. 10-12. (In Russ.).

2 Oleinikova A. Ia., Aksenova L.M., Magomedov G.O. *Tekhnologiya konditerskikh izdelii* [The technology of confectionery products]. Sent-Petersburg, Izdatel'stvo «RAPP», 2010. 672 p. (In Russ.).

3 Oleinikova A. Ia., Magomedov G.O., Miroshnikova T.N. *Praktikum po tekhnologii konditerskikh izdelii* [Workshop on technology of confectionery products]. Sent-Petersburg, GIORД, 2005. 480 p. (In Russ.).

4 Magomedov G.O., Berezhnaia O.S., Lobosova L.A., Lobosov V.G. *Sposob formovaniia konditerskikh izdelii* [Process for forming confectionery]. Patent RF, no. 2410991, 2010.

5 Magomedov G.O., Lobosova L.A. Candy dairy molasses. *Khlebobulochye, konditerskie i makaronnye izdeliia XXI veka: materialy II mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Bakery, confectionery and pasta XXI century: proceedings of the II International Scientific and Practical Conference], Krasnodar, 2011. pp. 164-167.

УДК [641 : 664.951.036] : 597.353

Аспирант В.В. Щетинский, профессор Ю.В. Шокина,
магистрант В.В. Павлова, магистрант И.В. Саенкова
(Мурманский гос. техн. ун-т) кафедра технологий пищевых производств.
тел. (8152) 254-474
E-mail: shokinayuv@mstu.edu.ru

Graduate V.V. Shchetinskii, professor U.V. Shokina,
master student V.V. Pavlova, master student I.V. Saenkova
(Murmansk state technical university) Department of technology of food industry.
phone (8152) 254-474
E-mail: shokinayuv@mstu.edu.ru

Обоснование режимов тепловой обработки полуфабриката из ската звездчатого при производстве рыбной кулинарной продукции функционального назначения

Justification of modes thermal processing of the semifinished thorny skate to production of fish culinary products of functional purpose

Реферат. Ценный недоиспользуемый промысловый объект Северного бассейна – скат звездчатый из семейства хрящевых рыб, на промысел которого отсутствует квота, следует рассматривать как рентабельное и биологически полноценное сырье для производства широкого ассортимента пищевой продукции, обогащенной хондроитинсульфатом. Предложен запатентованный способ предварительной тепловой обработки разделанного полуфабриката из ската, позволяющий решить проблему высокого содержания мочевины в мышечной ткани рыбы, являющуюся основным препятствием для промышленной переработки ската на пищевые цели. Обоснованы режимы предварительной и финальной тепловой обработки для широкого ассортимента рыбной кулинарной продукции функционального назначения из ската. Проведена оценка расчетным методом показателей биологической ценности белков готовой кулинарной продукции из ската с учетом экспериментально установленных потерь массы, белков и жиров на всех этапах тепловой обработки полуфабриката. Экспериментально подтверждено высокое содержание хондроитинсульфата в готовой кулинарной продукции, что позволяет рассматривать ее как продукцию функционального назначения. Итогом проведенных исследований явилась разработка рецептуры и технологии изготовления рыбной кулинарной продукции функционального назначения широкого ассортимента на основе использования мяса ската звездчатого. Комплексные физико-химические исследования сырья, полуфабриката и готовой продукции позволили разработать нормы отходов, потерь и выхода готовой продукции, оптимизировать рецептуру продукции и технологические режимы ее изготовления. Экспериментально определен ряд показателей пищевой ценности новой продукции, проведена комплексная оценка ее качества, подтвердившая ее улучшенные потребительские свойства по сравнению с аналогичной рыбной продукцией, представленной на потребительском рынке г. Мурманска.

Summary. Raja radiata, the non-conventional object of commercial fishing in North-East Atlantic region which is not under fishing quota should be declared as a cost-effective full bio raw material for the broad line food production enriched with chondroitin sulfate (a valuable biological component with proved anti-inflammatory and anti-tumor acting). The main obstacle for the industrial food processing of the Raja radiata is a high level of urea in the muscle tissue. The patented technical solution to this problem is being proposed. Justified modes of preliminary and final heat treatment for a wide range of fish culinary products of functional purpose of the Raja radiata. Assessed by calculation of indicators of the biological value of the protein ready culinary products of the pitch with regard to experimentally established weight loss, protein and fat at all stages of the thermal treatment of the material. The high level of chondroitin sulfate in the culinary finished product is experimentally confirmed. The outcome of the research was the development of formulations and manufacturing fish culinary products functionality of a wide range based on the use of Raja radiata meat. Complex physico-chemical analysis of raw materials, semi-finished and finished products allowed to develop standards of waste, loss, and output of finished products, to optimize the formulation of products and technological conditions of its production. Experimentally determine some parameters of the nutritional value of new products, comprehensive assessment of its quality, which confirmed its improved handling compared to the same fishery products provided to the consumer market in Murmansk.

Ключевые слова: скат звездчатый, мочевина, тепловая обработка, хондроитинсульфат, кулинарная рыбная продукция, показатели биологической ценности

Keywords: Raja radiata, urea, heat treatment, chondroitin sulfate, cooking fish products, indicators of biological value

© Щетинский В.В., Шокина Ю.В., Павлова В.В., Саенкова И.В., 2014

Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства РФ от 17 апреля 2012 г. N 559-р одной из основных задач пищевой и перерабатывающей промышленности России называет развитие производства пищевых продуктов, обогащенных незаменимыми компонентами, специализированных продуктов детского питания, продуктов функционального назначения, диетических пищевых продуктов [1].

В рамках реализации данной задачи применительно к рыбной отрасли одним из наиболее перспективных направлений представляется разработка и совершенствование технологий рыбной кулинарной продукции функционального назначения из водного сырья.

Согласно ГОСТ Р 52349-2005 «Продукты пищевые функциональные. Термины и определения» функциональным считается пищевой продукт, предназначенный для регулярного употребления в составе пищевого рациона всеми возрастными группами здорового населения, снижающий риск развития заболеваний, связанных с питанием, сохраняющий и улучшающий здоровье за счет наличия в его составе физиологически функциональных пищевых ингредиентов.

С учетом изложенного выше, актуальную цель проводимых исследований представляет разработка технологий рыбных кулинарных продуктов функционального назначения на основе использования ската звездчатого (*Raja radiata*) – нетрадиционного промыслового объекта Северного бассейна, богатого эссенциальными, микро- и макронутриентами.

К особенностям химического состава хрящевой ткани ската относится большое содержание в ней протеогликанов, среди которых и компонент хряща ската – кислый мукополисахарид – хондроитинсульфат, который активно применяется в комплексной терапии для успешного лечения новообразований сосудов и воспалительных заболеваний костной и хрящевой ткани человека различной этиологии. Последнее обстоятельство позволяет при установлении достаточно высокого содержания хондроитинсульфата в готовой кулинарной продукции из ската звездчатого однозначно рассматривать ее как продукцию функционального назначения, способную сыграть важную роль в профилактике у российского потребителя сосудистых онкозаболева-

ний и воспалительных заболеваний опорно-двигательного аппарата.

Таким образом, использование ската звездчатого в технологии рыбной кулинарной продукции, обоснованно и целесообразно.

Для достижения поставленной цели исследований были сформулированы следующие задачи:

- установить нормы отходов и потерь при первичной обработке сырья – ската звездчатого;

- разработать технологические схемы производства рыбной кулинарной продукции функционального назначения на основе использования мышечной ткани и хрящей ската звездчатого;

- обосновать режимы первичной тепловой обработки (ПТО) разделанного полуфабrikата ската звездчатого с целью эффективного удаления мочевины;

- обосновать режимы финальной тепловой обработки (ФТО) полуфабrikата ската звездчатого при изготовлении широкого ассортимента вторых рыбных блюд в потребительской упаковке с целью минимизации потерь ценных пищевых компонентов и сохранения биологической ценности готового продукта.

Результаты экспериментов по изучению размерно-массового состава ската звездчатого с целью обоснованию норм отходов и потерь при разделке представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Размерно-массовый состав ската звездчатого

Показатель	Единица измерения	Содержание показателя
Масса целой рыбы	г	1112,6±103,65
Плавники	% от массы целой рыбы	8,9±0,29
Крылья		28,4±2,67
Внутренности		14,3±2,61
Голова		19,3±1,72
Тело ¹		24,2±3,04
Хвостовой плавник		3,2±0,72
¹ тушка без крыльев и хвостового плавника		

Эксперимент проводился на мороженом сырье, использовали неразделанный скат по ТУ 9261-028-00038155 «Скат мороженный полуфабrikат для промышленной переработки».

Основным препятствием для промышленной переработки ската звездчатого на пищевые цели является высокое содержание мочевины (в количестве от 1,2 до 2 %) в мышеч-

ной ткани в силу особенности обмена веществ у хрящевых рыб. Повышенное содержание карбамида придает мясу горьковатый привкус и является причиной появления аммиачного запаха при тепловой обработке или при хранении готовой продукции. Часть карбамида можно удалить путем отмочки мяса в воде или путем посола в растворах поваренной соли концентрацией выше 10 %. В готовом продукте, по мнению исследователя Скачко-ва В.П., допускается до 1,2 % карбамида. Эта концентрация является пороговой, и ее превышение приводит к ухудшению вкуса и консистенции продукта. Таким образом, решение технологической задачи удаления мочевины из мышечной ткани ската является ключевой задачей разработки любой пищевой технологии его переработки, в том числе технологии кулинарной продукции [2-4].

Исходя из свойств мочевины, целесообразно предположить, что эффективным способом ее удаления из мышечной ткани ската будет тепловое разложение при температуре выше 60 °С, что возможно при ПТО.

С целью обоснования способа удаления мочевины из мышечной ткани ската на этапе ПТО эксперименты проводили для двух способов – бланширования в воде и водяным паром. Бланширование в воде температурой 96-98 °С проводили для двух вариантов гидро модуля – при соотношении рыба:вода 1:1 и 1:2. Экспериментально определяли потери массы при разных способах бланширования, а также оценивали полноту удаления мочевины по изменению содержания различных форм азота (небелкового (НБА, %), аминного (АА, %) и азота летучих оснований (АЛО, мг%)). Результаты эксперимента приведены в таблицах 2-4.

Т а б л и ц а 2

Результаты эксперимента по обоснованию способа и режимов ПТО ската звездчатого

Способ ПТО	Длительность ПТО, мин	Потери массы, %	Выход полуфабриката, %
Бланширование водой, рыба:вода 1:1	1,0	14,25	92,61
	2,5	14,42	85,58
Бланширование водой, рыба:вода 1:1	1,0	14,61	85,39
Бланширование паром	3,0	8,13	91,87
	5,0	14,84	85,16

Как показали эксперименты, потери массы при бланшировании водой и паром в течение 5 минут существенно не различаются. Однако при обработке паром в течение 5 минут имеет место ухудшение органолептических свойств полуфабриката (размягчение мышечной ткани) и недопустимо высокие потери жира. Поэтому данный режим отклонен.

Т а б л и ц а 3

Результаты экспериментов по обоснованию способа и режимов ПТО ската заездчатого с целью оптимизации потерь жира при ее выполнении

Способ ПТО	Массовая доля жира, %		Потери жира при ПТО, %	Сохранность жира, %
	до ПТО	после ПТО		
Бланширование водой (соотношение рыба:вода 1:1) 1 мин	0,39	0,38	2,56	97,44
Бланширование водой (соотношение рыба:вода 1:2) 1 мин	0,39	0,38	2,56	97,44
Бланширование паром 3 мин	0,39	0,18	46,15	53,85
Бланширование паром 5 мин	0,39	0,21	53,85	46,15

Т а б л и ц а 4

Результаты экспериментов по обоснованию способа и режимов ПТО ската звездчатого с целью оптимизации потерь белка

Способ ПТО		Сырой протеин СП, %	Истинный протеин ИП, %		Потери белка при ПТО, %	Сохранность белка, %
			до ПТО	после ПТО		
Бланширование водой	1:1	23,50	15,69	14,31	8,79	91,21
	1:2	22,06	14,38	13,00	9,59	90,41
Бланширование паром 5 мин		25,38	17,63	15,75	10,66	89,34

Сравнение оставшихся трех режимов для двух способов бланширования показало, что целесообразно рекомендовать в качестве основного способа ПТО крыльев ската бланширование водой при соотношении рыба:вода 1:1 в течение 1 минуты. Данный способ и режим обеспечивают хорошее качество полуфабриката с учетом его последующей обработки и приемлемые потери массы и жира.

Анализ данных, приведенных в таблице 4, позволяет сделать вывод о том, что потери белка при бланшировании разными способами и при различных технологических режимах отличаются незначительно.

Интересен анализ изменений соотношения разных форм азота в мышечной ткани ската звездчатого при различных способах ПТО. Эксперименты показали, что в процессе бланширования активно протекает гидролиз белка, о чем свидетельствует рост показателя АА при всех его способах: от 0,160 и 0,165 % при бланшировании водой в течение 1 минуты (соотношение рыба:вода 1:1 и 1:2 соответственно) до 0,178 % при бланшировании паром в течение 5 минут. Это свидетельствует о некотором более значительном снижении биологической ценности белка рыбы при бланшировании паром по сравнению с бланшированием водой. Относительно первичного содержания АА в рыбе (100 %) максимальный рост составляет + 4,71 % при бланшировании паром против 3,03 % при бланшировании водой.

Косвенно этот вывод подтверждается экспериментальными данными по определению небелкового азота в полуфабрикате до и после ПТО. Так, рост содержания НБА относительно его первичного содержания в полуфабрикате до ПТО составляет максимально 24,19 % при бланшировании паром в течение 5 минут. При бланшировании водой в течение 1 минуты вне зависимости от соотношения рыбы и воды рост показателя НБА составил всего 17,56 и 17,88 % с незначительным расхождением в пределах статистической погрешности.

Анализ полученных в ходе экспериментов данных показал, что наиболее оптимальным с точки зрения сохранения высокой биологической ценности полуфабриката и минимизации потерь массы, является режим бланширования водой при температуре от 96 до 98 °С в течение 1 минуты при соотношении рыба : вода 1:1. Бланширование паром в течение 5 минут дает полуфабрикат, пригодный для последующей разделки, однако его биологическая ценность ниже.

Обоснование способа и режимов ПТО ската звездчатого (Патент РФ на изобретение № 2495599) позволило разработать технологии изготовления широкого ассортимента рыбной кулинарной продукции (рыба заливная, в желе, рыбные зельцы и студни в потребительской упаковке; рыба запеченная с гарниром в соусах в потребительской упаковке в ассортименте; пельмени рыбные замороженные «Трескачи»; пироги и пирожки печеные с рыбной начинкой).

Обоснование режимов ФТО при изготовлении кулинарной продукции из ската звездчатого проведено для продукции «рыба запеченная с гарниром в соусе в потребительской упаковке» (форма для запекания из пищевого алюминия с крышкой вместимостью 350 см³). На этапе ФТО (запекание) имеет место снижение биологической ценности готовой продукции, поэтому необходима разработка режимов, позволяющих его минимизировать. После соединения компонентов продукта «Скат, запеченный с картофелем и грибами в сливочном соусе» запекание осуществляется горячим воздухом при температуре 200-220 °С в течение 20 минут.

Результаты экспериментального исследования изменений массы и химического состава полуфабриката на этапе ФТО обработки приведены в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Результаты экспериментов по обоснованию режимов ФТО (запекание) кулинарной продукции из ската звездчатого с целью оптимизации потерь при обработке

Продукт	ИП, %		Потери белка при ФТО, % от исходного содержания (до ФТО)	Сохранность белка при ФТО, %	Потери жира при ФТО, % от исходного содержания (до ФТО)	Сохранность жира при ФТО, %
	до ФТО	после ФТО				
1	6,88	6,38	7,27	92,73	3,85	96,15
2	8,50	8,19	3,65	96,35	-	-
3	7,88	7,81	0,9	99,10	11,15	88,85

Продукт 1 – скат, запеченный с картофелем и грибами в сливочном соусе;
 продукт 2 – треска с добавлением ската (в соотношении 1:1), запеченная с картофелем и грибами в сливочном соусе;
 продукт 3 – треска, запеченная с картофелем и грибами в сливочном соусе.

Анализ приведенных данных позволяет сделать вывод о том, что потери белка для кулинарной продукции, изготовленной по разработанной рецептуре с добавлением мяса ската звездчатого и без него, отличаются существенно. Продукция, изготовленная из трески атлантической с добавлением мяса ската звездчатого, занимает промежуточное положение по потерям белка при запекании. При этом содержание белка (ИП) максимально в готовой кулинарной продукции из трески атлантической с добавлением мяса ската звездчатого, что свидетельствует о ее максимальной биологической ценности по сравнению с продукцией только из ската звездчатого и продукцией только из трески атлантической.

Интересен анализ изменений соотношения разных форм азота в готовой продукции в зависимости от рецептуры. Так, эксперименты показали, что в процессе запекания активно протекает гидролиз белка в продукции из ската и трески, о чем свидетельствует рост показателя АА после запекания на 17,8 и 7,5 % от исходного содержания (до ФТО) соответственно. Гидролиз белка в продукции из трески протекает менее активно, о чем свидетельствует рост показателя АА после запекания всего на 4,25 % от исходного содержания (до ФТО). Косвенно этот вывод подтверждается экспериментальными данными по определению НБА в продукте до и после запекания. Так, рост содержания НБА относительно его исходного содержания (до ФТО), составляет максимально 31,25 % в продукции из трески с добавлением мяса ската, в продукции из ската этот показатель растет на 20,5 %. Минимальный рост НБА наблюдается в продукции из трески 12,5 %.

Оптимальное решение задачи оптимизации рецептур по четко обозначенным критериям может быть достигнуто с помощью ее формализованного математического описания – математической модели, отражающей в аналитическом виде множество функциональных связей между технологическими, экономическими и другими параметрами сырьевых компонентов, требуемыми характеристиками готовой продукции (целевая функция) и рядом ограничений, вытекающих из нормативной и технической документации.

Предложено решение задачи оптимизации рецептур кулинарной продукции по критерию достижения ее максимальной биологической ценности на основе известных данных об общем химическом и аминокислотном составе рецептурных компонентов, включая ска-

та звездчатого, с использованием программы для работы с электронными таблицами в программной среде MS Excel. Результаты расчета представлены в таблице 6.

Биологическую ценность белка готовой кулинарной продукции оценивали по следующим показателям: коэффициент утилитарности аминокислотного состава белка, доли единицы (д.е.); показатель избыточности содержания незаменимых аминокислот, г/100 г белка; коэффициент сопоставимой избыточности белка, г/100 г белка; биологическая ценность белка (БЦ), %; коэффициент различия аминокислотного сора (КРАС), %.

Все показатели в представленном перечне определяются при условии известного аминокислотного состава готовой продукции. Очевидно, что многократное экспериментальное определение аминокислотного состава продукции для множества вариантов рецептур с целью их оптимизации по критерию достижения максимальной биологической ценности представляет очевидные трудности, справиться с которыми позволяют современные средства автоматизированного проектирования многокомпонентных продуктов питания.

Оптимальное решение задачи оптимизации рецептур по четко обозначенным критериям может быть достигнуто с помощью ее формализованного математического описания – математической модели, отражающей в аналитическом виде множество функциональных связей между технологическими, экономическими и другими параметрами сырьевых компонентов, требуемыми характеристиками готовой продукции (целевая функция) и рядом ограничений, вытекающих из нормативной и технической документации.

Предложено решение задачи оптимизации рецептур кулинарной продукции по критерию достижения ее максимальной биологической ценности на основе известных данных об общем химическом и аминокислотном составе рецептурных компонентов, включая ската звездчатого, с использованием программы для работы с электронными таблицами в программной среде MS Excel. Результаты расчета представлены в таблице 6

Разработанная методика предполагает использование для расчета содержания в продукте незаменимых аминокислот экспериментально, установленных потерь массы и белков на всех этапах тепловой технологической обработки, что значительно повышает точность расчета.

Показатели биологической ценности кулинарной продукции «Вторые рыбные обеденные блюда»

Продукт ¹	Показатели биологической ценности белка готового продукта				
	1	2	3	4	5
1	0,72	4,56	3,76	89,24	10,76
2	0,73	5,94	5,12	96,13	3,87
3	0,73	7,35	6,66	98,67	1,33
1 - Коэффициент утилитарности аминокислотного состава белка U, д. е.;					
2 - Показатель избыточности содержания незаменимых аминокислот, г/100 г белка;					
3 - Коэффициент сопоставимой избыточности белка, г/100 г белка;					
4 - Биологическая ценность белка, %;					
5 - КРАС, %					

В образцах разработанной готовой кулинарной продукции содержание хондроитинсульфата колеблется от 22 до 24 мг на 100 г

ЛИТЕРАТУРА

1 Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 17 апреля 2012 г. N 559-п) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70067828>.

2 Шокина Ю.В., Ершов А.М., Бражная И.Э., Перетрухина А.Т. и др. Совершенствование и развитие технологических процессов получения пищевой продукции из водного сырья // Вестник МГТУ. 1998. Т. 1. № 1. С. 43–49.

3 Шокина Ю.В., Щетинский В.В., Порцель М.Н., Петров Б.Ф. и др. Разработка технологии обогащенной кулинарной рыбной продукции «Рыба запеченная с гарниром в соусах» на основе использования ската колючего // Наука и образование – 2011: междунар. науч.-практ. конф., 4–13 апр. 2011 г. Мурманск, 2011. С. 952–958.

4 Щетинский В.В., Шокина Ю.В., Петров Б.Ф., Шамаилова З.М. Разработка технологии обогащенной кулинарной рыбной продукции «Рыба, запеченная с гарниром в соусах» на основе использования мяса ската колючего // Состояние и перспективы развития рыбной промышленности Северного бассейна: материалы докладов науч.-практ. конференции 17–18 ноября 2011 г. Мурманск, 2011. С. 119–123.

продукции (исследования проведены на базе лаборатории биохимии гидробионтов ФГУП «ПИНРО»), что позволяет однозначно оценивать ее как продукцию функционального назначения.

Итогом проведенных исследований явилась разработка рецептуры и технологии изготовления рыбной кулинарной продукции функционального назначения широкого ассортимента на основе использования мяса ската звездчатого. Комплексные физико-химические исследования сырья, полуфабриката и готовой продукции позволили разработать нормы отходов, потерь и выхода готовой продукции, оптимизировать рецептуру продукции и технологические режимы ее изготовления. Экспериментально определен ряд показателей пищевой ценности новой продукции, проведена комплексная оценка ее качества, подтвердившая ее улучшенные потребительские свойства по сравнению с аналогичной рыбной продукцией, представленной на потребительском рынке г. Мурманска.

REFERENCES

1 Strategiiia razvitiia pishchevoi i pererabatyvaushchei promyshlennosti Rossiiskoi Federatsii na period do 2020 goda [Strategy of development of food and processing industry of the Russian Federation for the period up to 2020 (approved by the government. decree of the Government of the Russian Federation of April 17, 2012 N 559-R)]. Available at: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70067828/>. (In Russ.).

2 Shokina Iu.V., Ershov A.M., Brazhnaia I.E., Peretrkhina A.T. Improvement and development of technological processes of obtaining of food products from aquatic raw material. Vestnik MGTU. [Bulletin of MSTU], 1998, vol. 1, no. 1. pp. 43–49. (In Russ.).

3 Shokina Iu.V., Shchetinskii V.V., Portsel' M.N., Petrov B.F. Development of technology-enriched cooking fish products «Baked Fish with garnish in sauces» on the basis of use of the buckler skate. Nauka i obrazovanie – 2011. Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia. [Science and education – 2011. Int. science-practical. conf.], Murmansk, 2011. pp. 952–958.

4 Shchetinskii V.V., Shokina Iu.V., Petrov B.F., Shamailova Z.M. Development of technology-enriched cooking fish products «Baked Fish with garnish in sauces» on the basis of use of the buckler skate's meat. Sostoianie i perspektivy razvitiia rybnoi promyshlennosti severnogo basseina: materialy dokladov nauchno-prakticheskoi konferentsii. [Status and prospects of development of the fishing industry in the Northern basin: materials of the papers of science-practical conference], Murmansk, 2011. pp. 119–123.

УДК 615.857.63

Профессор Л.П. Пашенко, студентка Е.С. Масляник,
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, макаронного и кондитерских производств. тел. (473)255-38-51
ассистент В.Л. Пашенко
(Воронеж. гос. аграр. универ.) кафедра технологии переработки растениеводческой продукции.
тел. 89155443844
E-mail: plp_vgta@mail.ru

Professor L.P. Pashchenko, student E.S. Maslianik,
(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology baking,
macaroni and confectionery industries. phone (473)255-38-51
assistant V.L. Pashchenko
(Voronezh State Agricultural University) Department of technology of processing of plant products.
phone 89155443844
E-mail: plp_vgta@mail.ru

Аспекты биомодификаций в технологии функциональных хлебобулочных изделий при использовании плодов дикорастущего сырья

Aspects of biotechnology modifications of functional bakery products using raw fruit native

Реферат. Хлебобулочные изделия являются перспективным объектом обогащения, так как принадлежат к категории ежедневно употребляемых в пищу продуктов, позволяющих человеку на 30-50 % удовлетворять потребности в основных веществах. Однако за счет них человек не может получить все необходимые пищевые вещества в достаточном количестве. Поэтому одной из главных задач является улучшение состава хлебобулочных изделий, а также создание изделий профилактического и лечебного назначения, сниженной энергетической ценности. Целью научного исследования явилось создание нового хлебобулочного изделия хлеба «Сердечный», одним из основных рецептурных компонентов которого является порошок из высушенных плодов боярышника. Разработана технология булочных изделий на гидролизатах плодов боярышника. Изучено влияние рецептурных компонентов на свойства полуфабрикатов и показатели качества изделий. Определены физико-химические, органолептические показатели, содержание аминокислот и витаминов. Таким образом, создано хлебобулочное изделие, обладающее кардиотонической направленностью, способствующее нормализации артериального давления, снятию усталости за счет содержания в изделии порошка из высушенных плодов боярышника.

Summary. Bakery products are a promising target enrichment, because they belong to the category of daily edible products that enable a person to meet the needs of 30-50% in the basic substances. However, due to these people can not get all the necessary nutrients in sufficient quantities. Therefore, one of the main objectives is to improve the composition of bakery products, as well as the creation of preventive and therapeutic products destination, reduced energy value. The aim of research was the creation of a new bread baked product "Serdechnyi", one of the main components of which is the prescription powder from dried hawthorn fruit. Developed technology of bakery products on hydrolyzate the fruits of hawthorn. To study of the influence of prescription components on the properties of semi finished product and quality indicators. Physicochemical, organoleptic characteristics, the content of amino acids and vitamins. Thus, created a bakery, having cardiotonic oriented, promotes normalization of blood pressure, relieve fatigue due to the content in the product powder from dried hawthorn fruit.

Ключевые слова: боярышник, ферментный препарат, гидролизат, полуфабрикат, хлеб, плесневение

Keywords: hawthorn, enzyme preparation, hydrolyzate, semifinished, bread, musty

Хлебобулочные изделия являются перспективным объектом обогащения, так как принадлежат к категории ежедневно употребляемых в пищу продуктов, позволяющих человеку на 30-50 % удовлетворять потребности в основных веществах. Однако за счет них человек не может получить все необходимые пищевые вещества в

достаточном количестве. Поэтому одной из главных задач является улучшение состава хлебобулочных изделий, а также создание изделий профилактического и лечебного назначения, сниженной энергетической ценности.

© Пашенко Л.П., Масляник Е.С.,
Пашенко В.Л., 2014

Целью научного исследования явилось создание нового хлебобулочного изделия хлеба «Сердечный», одним из основных рецептурных компонентов которого является порошок из высушенных плодов боярышника.

Боярышник (лат. *Crataegus*) – род листопадных, редко полувечнозелёных высоких кустарников или небольших деревьев, относящихся к семейству Розовые. Плоды боярышника бывают шаровидными, грушевидными, вытянутыми; с одной или несколькими крупными, очень прочными трехгранными косточками. Зрелые плоды в свежем виде мягкие, мучнистые и вкусные, по лечебной ценности мало уступают шиповнику. Содержание сахаров в нем 11 %. Комплекс биологически активных веществ представлен тритерпеновыми кислотами (олеаноловой, урсоловой и кретегусовой), холина и ацетилхолина, кверцетина, дубильных веществ, ситостеринов, винной и лимонной кислоты, витаминов А, С, Р.



Рисунок 1. Плоды боярышника

Содержание кислот невелико и составляет 0,93 %. Содержание витаминов достигает: витамина С – 108 мг, витамина Р – 580 мг, каротина 4 мг. Довольно много пектина, который выводит из организма соли тяжелых металлов и другие вредные вещества.

Полезные свойства боярышника для сердечнососудистых заболеваний хорошо исследованы. Благодаря им, боярышник был предложен для использования в качестве лекарственного препарата от сердечной недостаточности. Действие его, как известно, основано на кардиотоническом принципе. Элементы, входящие в состав боярышника, обладают уникальными свойствами. Флавоноиды, присутствующие в нем, вызывают увеличение коронарного кровотока и частоты сердечных сокращений. Вышеупомянутые тритерпеновые кислоты повышают чувствительность сердца и снижают артериальное давление, усиливают кровообращение в сосудах мозга.

Порошок, получаемый из высушенных плодов боярышника, не уступает по своему химическому составу цельным плодам боярышника.

В качестве контроля был выбран хлеб с боярышником, разработанный научно-производственным предприятием «Промавтоматика» совместно с хлебокомбинатом «Реал Хлеб-плюс» (г. Валуйки, Белгородская область) [1].

Способ приготовления хлебобулочного изделия состоит в следующем: при замесе теста из рецептурных компонентов порошок из высушенных плодов боярышника, взятый в количестве 10 % к общей массе пшеничной муки, вносят в виде гидролизата с добавлением ферментного препарата Брюзайм ВГХ.

Фермент Брюзайм ВГХ – новый высокоэффективный препарат, полученный из грибной гемицеллюлазы, имеющий высокий уровень ксиланазной активности – 3700 ед/см³, необходимой для разрушения арабиноксиланов; высокую активность β -глюканазы – 180 ед/см³, необходимой для разрушения глюканов. Рабочий диапазон pH 3,5-7,0, а рабочая область температур 45-70 °С. В результате действия фермента происходит расщепление сложных полисахаридов до образования моносахаридов. Также, препарат Брюзайм ВГХ способен комплексно или частично разрушать растворимые и нерастворимые целлюлозы и гемицеллюлозы клеточных стенок растений, способствуя повышению выхода из нее биологически активных веществ.

В процессе гидролиза (температура 40 °С) происходит накопление сухих веществ (рисунок 2).

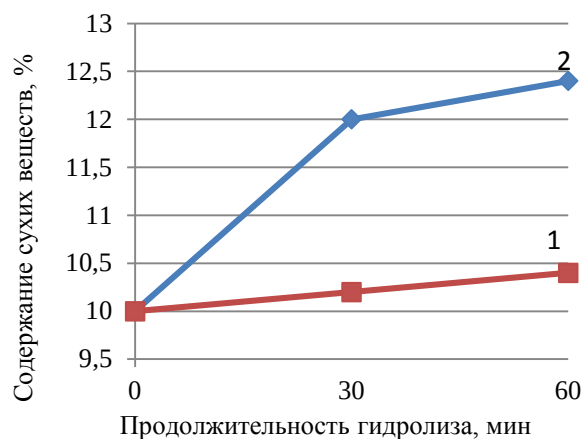


Рисунок 2. Изменение сухих веществ в гидролизуемой смеси: 1 - без ферментного препарата Брюзайм ВГХ, 2 – с ферментным препаратом Брюзайм ВГХ.

Далее тесто отправляется на брожение в течение 60 мин при температуре 32 °С. О готовности теста к разделке судили по титруемой кислотности; конечная кислотность составляла 3,5 град (рисунок 3).

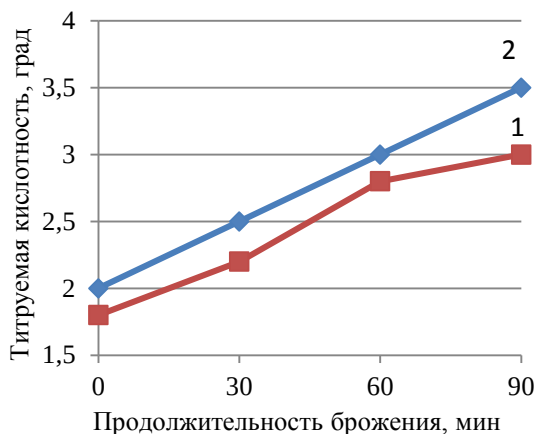


Рисунок 3. Зависимость титруемой кислотности от продолжительности брожения: 1 – хлеб с боярышником (контроль), 2 – хлеб «Сердечный»

В процессе брожения бродильная активность (рисунок 4) и газообразующая способность (рисунок 5) значительно улучшаются. Это объясняется тем, что питательной средой для дрожжевых клеток являются водорастворимые составляющие гидролизованного порошка из высушенных плодов боярышника [2].

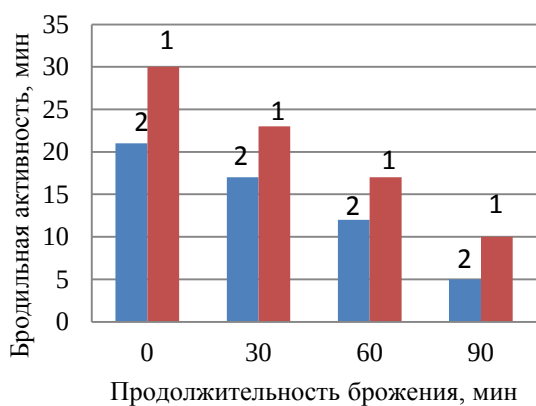


Рисунок 4. Зависимость бродильной активности теста от продолжительности брожения: 1 – хлеб с боярышником (контроль), 2 – хлеб «Сердечный»

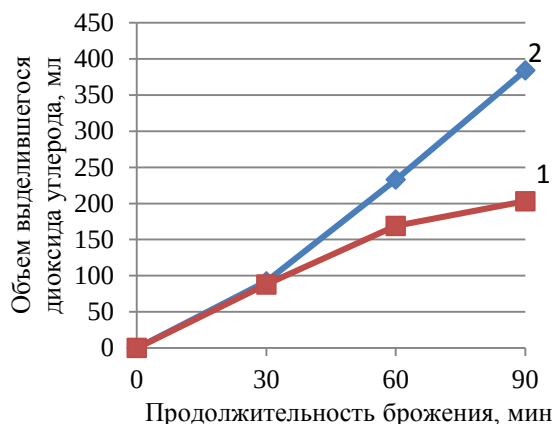


Рисунок 5. Зависимость объема выделившегося в процессе брожения диоксида углерода от продолжительности брожения: 1 – хлеб с боярышником (контроль), 2 – хлеб «Сердечный»

В процессе брожения тесто приобретает улучшенные биотехнологические характеристики. После брожения тесто разделяют на тестовые заготовки и отправляют на расстойку в течение 35 мин при температуре 40 °С и относительной влажности воздуха 80 ± 2 %. Время выпечки изделия составляет 35–40 мин при температуре пекарной камеры 220 °С. В начальный период выпечки проводят увлажнение пекарной камеры [3].

Присутствие в рецептуре порошка из высушенных плодов боярышника способствует повышению кислотности и бродильной активности, что способствует уменьшению продолжительности брожения на 30 мин и расстойки на 5 мин по сравнению с контролем.

Показатели качества хлеба «Сердечный» приведены в таблице 1. Содержание витаминов и аминокислот в контроле и опыте представлено в таблице 2.

Полученное хлебобулочное изделие (рисунок 6) обладает темно-желтым цветом с коричневатым оттенком мякиша, ярко выраженным ароматом боярышника и сладким фруктовым вкусом. Мякиш пропеченный, невлажный на ощупь, пористость равномерная (рисунок 7).



Рисунок 6. Внешний вид готовых изделий: 1 – хлеб с боярышником (контроль), 2 – хлеб «Сердечный».

Органолептическая и физико химическая оценка качества готовых изделий

Показатели качества	Контроль	Хлеб «Сердечный»
Органолептические показатели		
Внешний вид		
- форма	Правильная	
- поверхность	Гладкая, без крупных трещин и подрывов	
- цвет	Желтый с коричневатым оттенком	Темно-желтый с золотистым оттенком
Состояние мякиша		
- пропеченность	Пропеченный, не влажный на ощупь	
- эластичность	Эластичный	Более эластичный
- пористость	Равномерная, без следов непромеса	
Вкус	С легким привкусом боярышника, сладкий	С ярко выраженным вкусом боярышника, сладкий, приятный, сдобный
Запах	Свойственный пшеничному хлебу, присутствует легкий запах боярышника	Выраженный аромат плодов боярышника, приятный, сдобный
Физико-химические показатели		
Влажность, %	40,0	41,0
Пористость, % (прирост по сравнению с контролем)	68,0	78,0 (14,7%)
Кислотность, град	2,5	3,0
Удельный объем, см ³ / 100 г	328,0	358,0 (9,5%)

*- в скобках приведен прирост показателей по сравнению с контролем

Т а б л и ц а 2

Содержание витаминов и аминокислот в готовых изделиях

Показатель	Контроль		Хлеб «Сердечный»	
	Содержание в 100 г готового изделия, мг	Степень удовлетворения суточной потребности человека, %	Содержание в 100 г готового изделия, мг (прирост по сравнению с контролем)	Степень удовлетворения суточной потребности человека, %
Белки	7,7	10,3	8,3(7,8%)	11,1
Жиры	3,2	3,9	5,6(75%)	6,9
Углеводы	54,3	13,7	59,9(10,3%)	15,0
Витамины				
Тиамин (В ₁)	0,142	9,45	0,145(2,1%)	11,15
Рибофлавин (В ₂)	0,043	2,40	0,067(55,8%)	4,20
Пантотеновая кислота (В ₃)	0,306	6,10	0,410(34%)	7,30
Аскорбиновая кислота (С)	0,870	1,24	6,280(в 7,2 раза)	9,20
Токоферол (Е)	2,618	26,20	2,720 (3,9 %)	27,20
Флавоноиды (Р)	-	-	4,610	16,00
Минеральные вещества				
Калий (К)	148,3	7,25	248,3(67%)	12,40
Магний (Mg)	17,6	4,40	38,63(в 2,2 раза)	9,65
Кальций (Са)	19,6	1,96	23,4(19%)	3,00
Фосфор (Р)	70,0	7,00	72,8 (4,0 %)	7,30

*- в скобках приведен прирост показателей по сравнению с контролем

По физико-химическим показателям – пористости, удельному объему изделий – превосходит контрольные пробы на 14,7 и 9,5 % соответственно. Благодаря содержанию разнообразного количества витаминов и микро-, макроэлементов, находящихся в порошке из высушенных плодов боярышника, происходит

обогащение полученного изделия витамином С в 7,2 раза, магнием в 2,2 раза по сравнению с контролем. Аскорбиновая кислота является одним из основных питательных веществ, необходима для нормального функционирования костной и соединительной ткани, а магний является необходимым условием для протека-

ния многих ферментативных реакций в организме человека, оказывает асептическое и сосудорасширяющее действие.

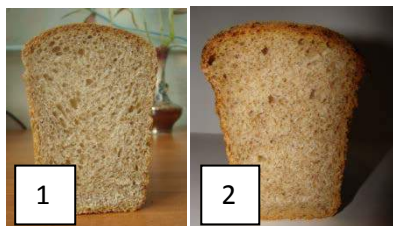


Рисунок 7. Внешний вид мякиша готовых изделий: 1 - хлеб с боярышником (контроль), 2 – хлеб «Сердечный»

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Письменный В. В., Ситникова С.И., Нурматова Е.Н. Хлеб с боярышником // Хлебопечение России. 2006. № 2. С. 36-37.
- 2 Пашенко Л. П., Жаркова И.М. Технология хлебобулочных изделий. Воронеж: ВГТА, 2011. 692 с.
- 3 Пашенко Л. П., Санина Т.В., Столярова Л.И. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий). М.: КолоС, 2006. 215 с.
- 4 Пашенко В. Л., Ильина Т.Ф., Ермоленко Т.И. Плоды боярышника – перспективный ингредиент в технологии производства бисквита // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 3. С. 56-57.
- 5 Faiuiskesky M., Pschenko L., Kurcchaeva E., Paschenko V. Components of bones for food products. Fleisch wir tshaft. Enternational, 2012, no. 2. pp. 22-25.

При анализе хлеба «Сердечный» плесневение наблюдается на 12-14 сутки. Из этого можно сделать вывод, что внесенный порошок из высушенных плодов боярышника оказывает затормаживающее действие на процесс плесневения хлебобулочных изделий, выступая в качестве замены химических консервантов.

Таким образом, создано хлебобулочное изделие обладающее кардиотонической направленностью, способствующее нормализации артериального давления, снятию усталости за счет содержания в изделии порошка из высушенных плодов боярышника. Сохранности изделия – 12-14 суток.

REFERENCES

- 1 Pis'mennyi V. V., Sitnikova S.I., Nurmatova E.N. Bread with hawthorn. *Khlebopechenie Rossii*. [Baking Russia], 2006. no. 2. pp. 36-37.
- 2 Pashchenko L.P., Zharkova I.M. *Tekhnologiya khlebobulochnykh izdelii* [Technology of bakery products], Voronezh, VGTA, 2011. 692 p.
- 3 Pashchenko L. P., Sanina T.V., Stoliarova L.I. *Praktikum po tekhnologii khleba, konditerskikh i makaronnykh izdelii (tekhnologiya khlebobulochnykh izdelii)* [Workshop on technology of bread, confectionery and pasta (technology of bakery products)], Moscow, Kolos, 2006. 215 p.
4. Pashchenko V. L., Il'ina T.F., Ermolenko T.I. The fruits of hawthorn promising ingredient in the production of biscuit. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of farm products], 2010, no. 3, pp. 56-57.
- 5 Faiuiskesky M., Pschenko L., Kurcchaeva E., Paschenko V. Components of bones for food products. *Fleisch wir tshaft. Enternational*, 2012, no. 2. pp. 22-25.

УДК 637.56:66.046

Профессор Н.С. Родионова, доцент Е.С. Попов,
аспирант Т.И. Бахтина

(Воронеж. гос. ун-т. инж. техн.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса.
тел.(473) 255-37-72
E-mail: rodionovast@mail.ru

Professor N.S. Rodionova, associate Professor E.S. Popov,
graduate T.I. Bakhtina

(Voronezh state university of engineering technology) Department of service and catering business.
phone (473) 255-37-72
E-mail: rodionovast@mail.ru

Исследование влияния режимов тепловой низкотемпературной обработки на хранимospособность полуфабрикатов из карпа

Study on the effect of low-temperature heat treatment on the shelf life of semi-finished prod- ucts made from carp

Реферат. В настоящее время развитие отрасли организации питания связано с совершенствованием процессов тепловой кулинарной обработки сырья. Одним из таких направлений является применение низкотемпературной термовлажностной кулинарной обработки пищевых продуктов, предварительно вакуум-упакованных в полимерную термоустойчивую пленку. Данный способ обработки позволяет поддерживать витамины, белки, углеводы, жиры, макро- и микроэлементы сырья в неизменном состоянии, а также предохраняет пищу от нежелательных органолептических изменений, происходящих при традиционной тепловой обработке, с сохранением привлекательных потребительских качеств продукта и гарантированной гигиенической безопасностью при увеличении срока хранения. Объект исследований – филе карпа, являющееся источником полноценного белка и спектра макро- и микроэлементов. В статье исследована хранимospособность полуфабрикатов из карпа, обработанных при различных режимах низкотемпературной термовлажностной кулинарной обработки с применением вакуумной упаковки. Авторами установлено, что в процессе хранения во всех образцах карпа наблюдается снижение массовой доли аминокислот, и, как следствие, массовой доли общего белка в образцах. Однако, в упакованных образцах, обработанных с увлажнением теплоносителя, снижение массовой доли аминокислот происходит менее интенсивно, что свидетельствует о лучшей сохранности содержания аминокислот в образцах и, следовательно, сохранении биологической ценности полуфабрикатов. Также предварительная вакуумная упаковка способствует увеличению продолжительности срока хранения.

Summary. Currently, the development of the catering industry due to improved heat cooking processes raw materials. One of these areas is the use of low temperature vapor cooking food pre-packed in the vacuum heat-resistant polymer film. This processing method allows to maintain vitamins, proteins, carbohydrates, fats, macro- and micronutrients raw unchanged and prevents food from undesirable organoleptic changes occurring in the traditional thermal processing, preserving attractive consumer product quality and hygienic safety guaranteed by increasing the period storage. Object of study - carp fillet, which is the source of complete protein and the spectrum of macro- and micronutrients. The article studies the shelf life of semi-finished products made from carp, treated with different modes of low-temperature thermo - humid cooking with the use of vacuum packaging. The authors found that during storage all samples carp decrease the mass fraction of the amino acids, and as a result, the mass fraction of the total protein in the samples. However, in the packaged samples treated with humidified coolant decrease the mass fraction of amino acids occurs less rapidly, indicating a better preservation of the amino acid content in the samples and hence maintaining bioavailability intermediates. Provisional vacuum packaging increases duration of the retention period.

Ключевые слова: вакуумная упаковка, животное сырье, полуфабрикат, термовлажностная обработка, рабочие режимы.

Keywords: vacuum packaging, animal raw materials, semi-finished product, hygrothermal processing, operating modes.

В настоящее время развитие отрасли организации питания связано с совершенствованием процессов тепловой кулинарной обработки сырья. Одним из таких направлений является применение низкотемпературной тер-

мовлажностной кулинарной обработки пищевых продуктов, предварительно вакуум-упакованных в полимерную термоустойчивую пленку. Данный способ обработки позволяет

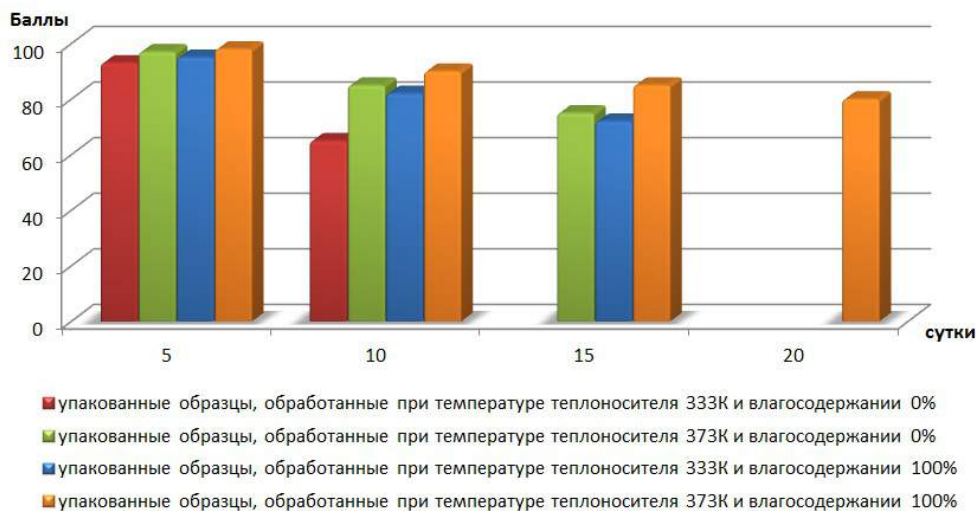
© Родионова Н.С., Попов Е.С., Бахтина Т.И., 2014

поддерживать витамины, белки, углеводы, жиры, макро- и микроэлементы сырья в неизменном состоянии, а также предохраняет пищу от нежелательных органолептических изменений, происходящих при традиционной тепловой обработке, с сохранением привлекательных потребительских качеств продукта и гарантированной гигиенической безопасностью при увеличении срока хранения [2, 3].

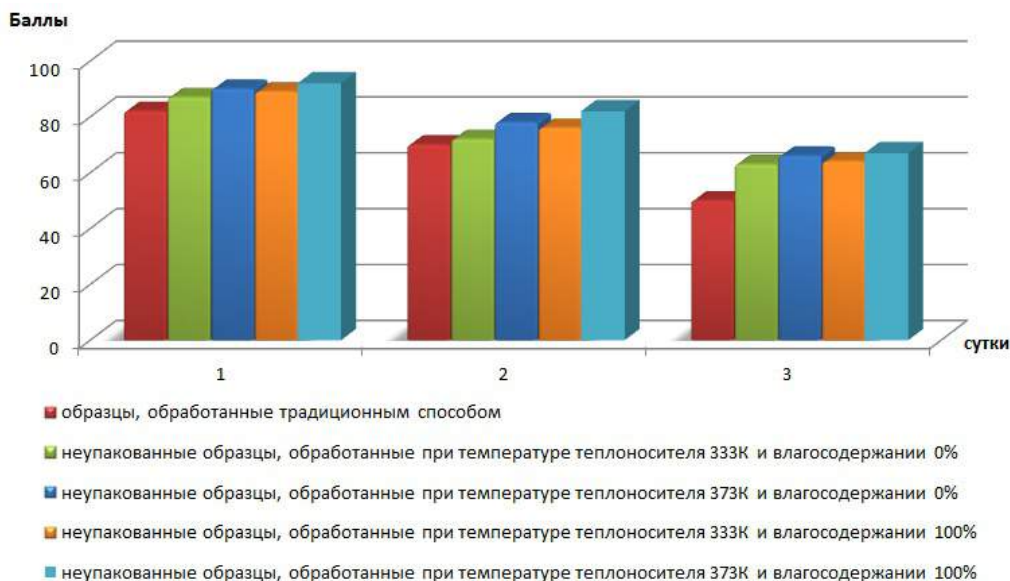
Объект исследований – филе карпа, являющееся источником полноценного белка и спектра макро- и микроэлементов. Целью исследований являлось изучение показателей хранимостности полуфабрикатов из карпа, обработанных при различных режимах низкотемпературной термовлажностной кулинарной обработки с применением пароконвектомата.

В ходе экспериментальных исследований образцы филе карпа предварительно упаковывали в вакуумные полимерные пакеты и подвергали термовлажностной обработке в пароконвектомате в условиях регулирования температуры теплоносителя в рабочей камере аппарата в диапазоне 333...373 К. Влагосодержание теплоносителя поддерживалось равным 100 %. В качестве контроля исследовали образцы, подвергнутые варке традиционным способом.

При органолептической оценке образцов учитывались следующие показатели: вкус и запах – 60 баллов, структура и консистенция – 30 баллов, цвет и внешний вид – 10 баллов. Результаты органолептической оценки исследуемых образцов карпа представлены на рисунке 1.



а



б

Рисунок 1. Изменение органолептических показателей образцов карпа в процессе хранения при различных способах тепловой обработки: а - упакованные образцы; б - неупакованные образцы

Можно отметить, что вакуум-упакованные образцы обладают более высокими органолептическими показателями, сохраняющими свои численные значения на протяжении более длительного срока хранения, по сравнению с неупакованными и контрольным образцами. Данные образцы отличаются более ярко выраженным ароматом, свойственным карпу, а также более сочной, нежной консистенцией.

Отметим, что потребление продуктов питания с окисленными липидами может вызывать возникновение ряда патологических состояний организма. Поэтому поиск методов и средств защиты липидов от инициирования

перекисного окисления важен не только для увеличения срока годности продуктов питания, но и с патогенетической точки зрения.

Изменения, происходящие в жирах в процессе хранения, определяли по перекисному и кислотному числам. Известно, что окислительные изменения липидов приводят к накоплению перекисных карбонильных соединений, низкомолекулярных летучих жирных кислот, которые ухудшают вкус и аромат продукта. Первичными продуктами окисления жиров являются перекисные соединения, количество которых определяется по перекисному числу (рисунок 2).

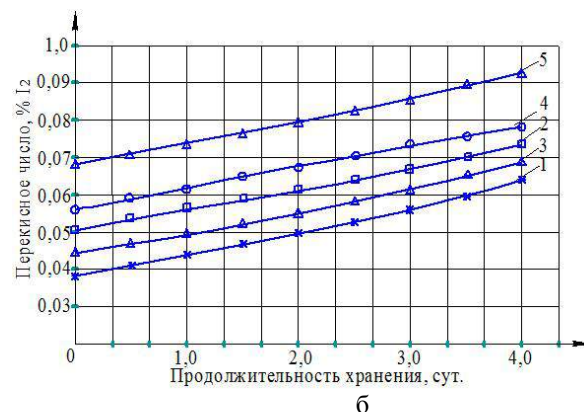
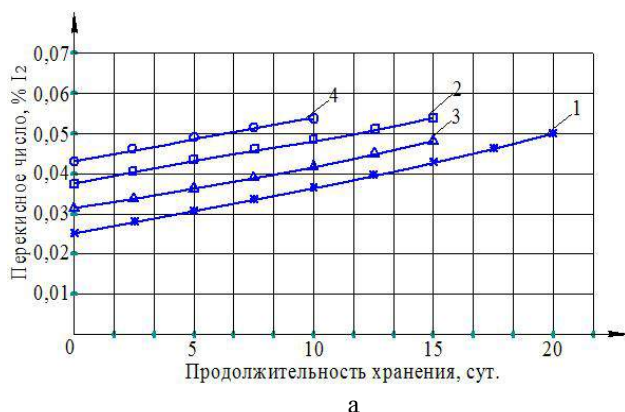


Рисунок 2. Зависимость изменения перекисного числа образцов тканей мяса карпа (а – упакованные образцы; б – неупакованные образцы) от продолжительности хранения: 1 – образцы, обработанные при температуре 373 К и влагосодержании 100 %; 2 – образцы, обработанные при температуре 333 К и влагосодержании 100 %; 3 – образцы, обработанные при температуре 373 К и влагосодержании 0 %; 4 – образцы, обработанные при температуре 333 К и влагосодержании 0 %; 5 – образцы, обработанные традиционным способом

Установлено, что значение перекисного числа жиров в процессе хранения увеличивается. При этом наименьшие значения перекисных чисел достигаются в упакованных образцах, обработанных при температуре 373 К и влагосодержании 100 %, а наибольшие – в образцах, обрабо-

танных традиционным способом. Следует отметить, что интенсивность процесса перекисного окисления липидов определяется наличием вакуумной упаковки, а также характеристиками теплоносителя (температурой и влагосодержанием).

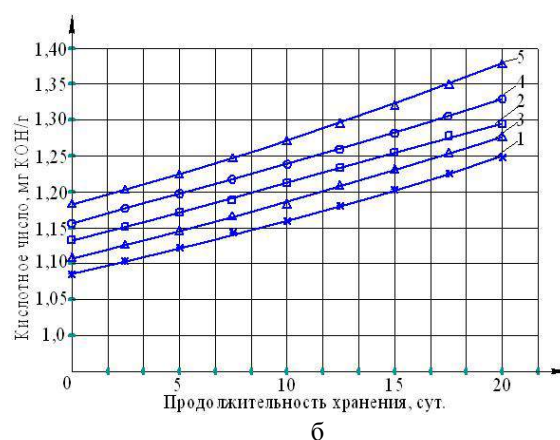
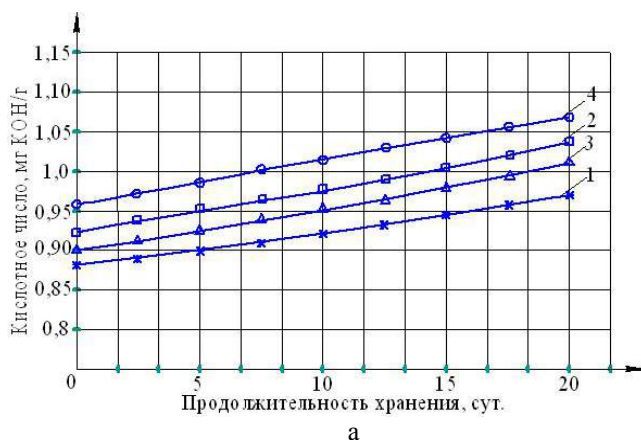


Рисунок 3. Зависимость изменения кислотного числа образцов тканей мяса карпа (а – упакованные образцы; б – неупакованные образцы) от продолжительности хранения: 1 – образцы, обработанные при температуре 373 К и влагосодержании 100 %; 2 – образцы, обработанные при температуре 333 К и влагосодержании 100 %; 3 – образцы, обработанные при температуре 373 К и влагосодержании 0 %; 4 – образцы, обработанные при температуре 333 К и влагосодержании 0 %; 5 – образцы, обработанные традиционным способом

Также было исследовано изменение кислотного числа образцов в процессе хранения (рисунок 3), по значению которого можно судить о качестве пищевых продуктов: чем выше кислотное число, тем заметнее прогорклый вкус.

Исследование характера изменений кислотных чисел жиров подтвердило, что процессы гидролиза липидов в упакованных образцах, обработанных при температуре 373

К и влагосодержании 100 %, в процессе хранения протекают менее интенсивно, чем в других образцах. Наиболее интенсивно данные процессы протекают в неупакованных образцах, а также в образцах, обработанных традиционным способом.

Изменение количества КМАФАнМ, КОЕ/г исследуемых образцов карпа в процессе хранения представлено в таблицах 1, 2 [1].

Т а б л и ц а 1

Изменение количества КМАФАнМ, КОЕ/г, образцов карпа
(обработанных с увлажнением теплоносителя) в процессе хранения

Наименование показателя	Обработка традицион- ным способом		Влагосодержание теплоносителя 100 %											
			Упакованные образцы						Неупакованные образцы					
			Температура обработки, К											
			333			373			333			373		
	Продолжительность хранения, сутки													
	1	3	5	10	15	5	10	15	20	1	3	1	3	
КМА- ФАнМ, КОЕ/г	1,5 ×10 ³	8,3 ×10 ⁴	1,0 ×10 ³	1,6 ×10 ³	7,6 ×10 ⁴	1,0 ×10 ²	8,6 ×10 ²	7,0 ×10 ³	8,4 ×10 ⁴	1,9 ×10 ³	9,0 ×10 ⁴	4,6 ×10 ²	7,9 ×10 ⁴	

Т а б л и ц а 2

Изменение количества КМАФАнМ, КОЕ/г, образцов карпа
(обработанных без увлажнения теплоносителя) в процессе хранения

Наименование показателя	Влагосодержание теплоносителя 0 %									
	Упакованные образцы					Неупакованные образцы				
	Температура обработки, К									
	333		373			333		373		
	Продолжительность хранения, сутки									
	5	10	15	5	10	15	1	3	1	3
КМАФАнМ, КОЕ/г	3,4 ×10 ³	8,2 ×10 ⁴	7,6 ×10 ⁵	8,5 ×10 ²	6,5 ×10 ³	6,4 ×10 ⁴	3,7 ×10 ³	9,6 ×10 ⁴	1,1 ×10 ³	8,8 ×10 ⁴

Согласно нормативным требованиям СанПиН 2.3.2.1078 – 01, количество КМАФАнМ должно составлять не более 1×10^5 КОЕ/г. Показатели микробиологической обсемененности и достижение ими пороговых значений зависят от режима тепловой обработки (температуры, влагосодержания и продолжительности), а также от наличия упаковки образцов:

- для упакованных образцов, обработанных с увлажнением теплоносителя, период достижения пороговых значений микробиологической обсемененности составляет 15 суток (при температуре 333 К) и 20 суток (при температуре 373 К);

- для упакованных образцов, обработанных без увлажнения теплоносителя, данный период составляет 10 суток (при температуре 333 К) и 15 суток (при температуре 373 К);

- для неупакованных образцов, обработанных с увлажнением теплоносителя и без него, а также для образцов, обработанных тра

диционным способом, период достижения пороговых значений микробиологической обсемененности составляет 3 суток.

Такие показатели, как БГКП (колиформы), *Staphylococcus aureus*, сульфитредуцирующие клостридии, *L. monocytogenes* – не были обнаружены.

На основании полученных результатов можно отметить, что применение предварительной вакуум - упаковки образцов с последующей термовлажностной обработкой позволяет увеличить продолжительность срока хранения в 1,3-1,5 раза по сравнению с упакованными образцами, обработанными без увлажнения теплоносителя, и в 5-6,5 раза по сравнению с неупакованными образцами, а также с образцами, обработанными традиционным способом. Применение предварительной упаковки образцов с последующей термической обработкой без увлажнения теплоносителя позволяет увеличить продолжительность срока хранения

лишь в 3,5-5,0 раз по сравнению с неупакованными образцами, а также с образцами, обработанными традиционным способом.

Также снижению микробиологической обсемененности и увеличению сроков хранения способствует увеличение температуры обработки. Так, при увеличении температуры обработки с 333 К до 373 К продолжительность срока хранения возрастает в 1,3-1,5 раза.

Физико-химическая оценка показателей качества образцов карпа осуществлялась на основе анализа динамики гидролитических процессов, протекающих в полуфабрикатах в процессе хранения. Критерием оценки являлось изменение аминокислотного состава исследуемых образцов карпа, результаты анализа которого представлены в таблицах 3, 4.

Т а б л и ц а 3

Динамика изменения аминокислотного состава образцов карпа (обработанных с увлажнением теплоносителя) в процессе хранения

Наименование показателя	Обработка традиционным способом		Влагосодержание теплоносителя 100 %											
			Упакованные образцы								Неупакованные образцы			
			Температура обработки, К											
			333				373				333		373	
	Продолжительность хранения, сутки													
	1	3	5	10	15	5	10	15	20	1	3	1	3	
Изолейцин	2,85	2,49	3,71	3,50	3,35	4,20	4,06	3,92	3,71	3,82	3,29	4,24	3,83	
Лейцин	8,94	8,41	9,12	8,88	7,84	8,75	8,59	7,97	7,81	9,20	8,17	8,78	7,98	
Лизин	9,18	8,55	9,35	9,12	8,41	7,38	7,12	6,85	6,67	9,40	8,32	7,40	6,55	
Метионин + цистин	4,0	3,62	3,41	3,04	2,62	6,65	6,32	6,12	6,87	3,47	2,72	6,68	5,84	
Фенилаланин + тирозин	8,97	8,23	8,22	7,91	7,12	8,41	8,12	7,67	7,21	8,17	7,02	8,56	7,46	
Треонин	5,72	5,31	4,92	4,42	3,89	4,49	4,28	4,17	3,92	5,01	4,18	4,55	3,95	
Валин	5,24	4,52	5,37	5,05	4,42	5,63	5,38	5,17	4,93	5,35	4,54	5,70	4,96	
Триптофан	0,78	0,75	0,78	0,77	0,765	0,76	0,75	0,745	0,74	0,79	0,78	0,77	0,76	
Сумма незаменимых аминокислот. %	45,68	41,88	44,88	42,69	38,41	46,27	44,62	42,61	41,86	45,21	39,02	46,68	41,33	

Т а б л и ц а 4

Динамика изменения аминокислотного состава образцов карпа (обработанных без увлажнения теплоносителя) в процессе хранения

Наименование показателя	Влагосодержание теплоносителя 0 %									
	Упакованные образцы						Неупакованные образцы			
	Температура обработки, К									
	333			373			333		373	
	5	10	15	5	10	15	1	3	1	3
Изолейцин	3,52	3,28	3,12	3,89	3,68	3,34	3,49	3,04	3,84	3,41
Лейцин	8,91	8,59	7,61	8,32	7,96	7,37	8,80	7,78	7,28	6,65
Лизин	9,08	8,79	8,0	7,04	6,82	6,42	8,84	8,42	7,0	6,34
Метионин + цистин	3,05	2,68	2,14	6,31	5,92	5,44	3,04	2,33	6,25	5,62
Фенилаланин + тирозин	7,81	7,48	6,81	8,01	7,72	7,27	7,81	7,32	8,14	7,21
Треонин	4,61	4,05	3,46	4,09	3,84	3,46	4,71	4,04	4,13	3,68
Валин	5,02	4,71	4,02	5,21	4,88	4,42	4,87	4,14	5,36	4,66
Триптофан	0,77	0,76	0,755	0,75	0,745	0,74	0,78	0,77	0,76	0,75
Сумма незаменимых аминокислот, %	42,77	40,34	35,91	43,62	41,56	38,46	42,34	37,8	42,76	38,32

Установлено, что в процессе хранения во всех образцах карпа наблюдается снижение массовой доли аминокислот, и, как следствие, массовой доли общего белка в образцах. Одна-

ко следует отметить, что в упакованных образцах, обработанных с увлажнением теплоносителя, снижение массовой доли аминокислот происходит менее интенсивно, что свидетель-

ствует о лучшей сохранности содержания аминокислот в образцах и, следовательно, увеличении биологической ценности полуфабрикатов. На основании вышеизложенного можно заключить, что применение предварительной упаковки образцов карпа в гибкие полимер-

ные пакеты с последующей термо-влажностной обработкой позволяет максимально сохранить пищевую и биологическую ценность исходного сырья, а также увеличить продолжительность срока хранения.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Долганова Н.В., Першина Е.В., Хасанова З.К. Микробиология рыбы и рыбных продуктов. М.: Мир, 2005. 224 с.
- 2 Родионова Н. С., Попов Е.С., Фалеева Т.И. Исследование процесса тепловой обработки гидробионтов с использованием низкотемпературного термо-влажностного режима // Вестник РАСХН. 2011. № 6. С. 75 – 78.

REFERNCES

- 1 Dolganova N.V., Pershina E.V., Khasanova Z.K. Mikrobiologiya ryby i rybnykh produktov [Microbiology of fish and fish products]. Moscow, Mir, 2005. 224 p. (In Russ.).
- 2 Rodionova N.S., Popov E.S., Faleeva T.I. Study of heat treatment process of aquatic using low-temperature thermo-humidity conditions. *Vestnik RASKHN*. [Bulletin of RAAS], 2011, no. 6, pp. 75-78.

УДК 633.1:539.24:543.063

Профессор Е. И. Пономарева, доцент Н. Н. Алехина,
доцент Т.Н. Малютина, соискатель И.А. Журавлева
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского
и макаронного производств. тел. (473) 255-38-51
E-mail: Nadinat@yandex.ru

Professor E.I. Ponomareva, associate Professor N.N. Alekhina,
associate Professor T.N. Malyutina, applicant I.A. Zhuravleva
(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology of bread,
macaroni and confectionery. phone (473) 255-38-51
E-mail: Nadinat@yandex.ru

Влияние способа подготовки зерна ржи на его микроструктуру и показатели безопасности

Effect of the method of preparation of rye grain on its microstructure and safety indicators

Реферат. Одним из основных вопросов в хлебопекарной промышленности в настоящее время является разработка и внедрение новых видов изделий повышенной пищевой ценности. К перспективному направлению обогащения продуктов относится использование целых зерновых культур. В настоящее время актуальным является вопрос расширения ассортимента хлебобулочных изделий функциональной направленности путем применения целого зерна ржи. Расширить ассортимент хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки можно за счет применения целого зерна ржи. Немецкой фирмой «Ирекс» разработан способ приготовления изделий из смеси ржаной и пшеничной муки с добавлением целого подкисленного зерна ржи «Сафткаорн». В ходе эксперимента проводили определение микроструктуры, содержания токсичных элементов (кадмий, свинец, ртуть, мышьяк) и микробиологических показателей зерна ржи «Сафткаорн» и «Авангард». Исследованы микроструктура и показатели безопасности зерна, подготовленного разными способами. Установлено различие в микроструктуре зерна ржи «Сафткаорн» (Германия) и «Авангард» (Россия). Доказано, что их микробиологические показатели находились в допустимых пределах.

Summary. One of the main issues in the baking industry is currently the development and introduction of new products increased nutritional value. By promising area of enrichment products include the use of whole grains. Currently pressing issue is expanding the range of bakery products by applying the functional orientation of the whole grain rye. Expand the range of bread from a mixture of rye and wheat flour can be due to the use of whole grain rye. German company "Irex" developed a method of preparing a mixture of products from rye and wheat flour with the addition of acidified whole rye "Saftkorn." The experiment was conducted microstructure definition, content of toxic elements (cadmium, lead, mercury, arsenic) and microbiological indicators rye "Saftkorn" and "Avanguard". The microstructure and grain safety performance prepared in different ways. The difference in the microstructure of rye "Saftkorn" (Germany) and "Avanguard" (Russia). Proven that their microbiological parameters were within acceptable limits.

Ключевые слова: зерно ржи, микроструктура, микробиологическая чистота, функциональные продукты

Keywords: rye grain microstructure, microbiological purity, functional foods

Одним из основных вопросов в хлебопекарной промышленности в настоящее время является разработка и внедрение новых видов изделий повышенной пищевой ценности. К перспективному направлению обогащения продуктов относится использование целых зерновых культур.

Медицинские требования науки о здоровом питании по увеличению потребления изделий из смеси ржаной и пшеничной муки, обладающих полезными свойствами и более низкой стоимостью, многими предприятиями РФ не достигнуты. Поэтому, несмотря на многообразие хлебобулочных изделий массового потребления из смеси ржаной и пшеничной муки и предлагаемых новых, явно недостаточно обновляется ассортимент за счет прогрессивных технологий и решение данных вопросов является актуальным.

Расширить ассортимент хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки можно за счет применения целого зерна ржи. Немецкой фирмой «Ирекс» разработан способ приготовления изделий из смеси ржаной и пшеничной муки с добавлением целого подкисленного зерна ржи «Сафткаорн».

На кафедре «Технология хлебопекарного, кондитерского и макаронного производств» Воронежского государственного университета инженерных технологий разработаны технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки с внесением целого предварительно набухшего зерна ржи «Авангард», отличающиеся способом его подготовки: 1 – с применением ферментного препарата «ВискоСтар 150Л»; 2 – с выдерживанием в культуральной среде с молочнокислыми бактериями *L. plantarum*-38.

© Пономарева Е.И., Алехина Н.Н.,
Малютина Т.Н., Журавлева И.А., 2014

Полученные способы позволили получить зерно, которое по твердости незначительно отличалось от зерна «Сафторн» [1]. Однако последнее обладало меньшей твердостью, что, по-видимому, обусловлено его микроструктурой.

С увеличением влажности зерна свыше 15,5 % активность амилалитических, протеолитических, липолитических и других ферментов возрастает, что способствует постепенному накоплению продуктов гидролиза крахмала, белка и жира. Это приводит к изменению микроструктуры и технологических свойств зерна.

Кроме того, набухшее зерно является благоприятной средой для развития микроорганизмов.

Поэтому целью исследований явилось изучение влияния способов подготовки зерна ржи на его микроструктуру и показатели безопасности.

В ходе эксперимента проводили определение микроструктуры, содержания токсичных элементов (кадмий, свинец, ртуть, мышьяк) и микробиологических показателей зерна ржи «Сафторн» и «Авангард».

Зерно ржи готовили тремя способами: 1 - зерно «Сафторн» предварительно выдерживали в воде температурой $(85 \pm 5)^\circ\text{C}$ в течение 2 ч при гидромодуле 1:2; 2 - зерно ржи «Авангард» предварительно очищали от сорной и зерновой примеси, мыли и оставляли для набухания на 27 ч при $30-35^\circ\text{C}$ в электрохимически активированном водном растворе (ЭВР) (рН 4,5-5,0) с 0,8 % ферментного препарата (ФП) «ВискоСтар 150Л», после промывали питьевой водой; 3 - зерно «Авангард» увлажняли до влажности 44 % путем выдерживания в воде температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 24 ч, после его промывали стерильной водой температурой $(75 \pm 5)^\circ\text{C}$ для обеззараживания и охлаждали до $35-40^\circ\text{C}$. Далее набухшее зерно ржи помещали в культуральную среду с молочнокислыми бактериями *L. plantarum*-38, выдержанными 96 ч (гидромодуль 1:2). Этот процесс осуществляли в термостате при 35°C в течение 72 ч. Обработанное зерно высушивали при температурах $40-60^\circ\text{C}$ до влажности $(20 \pm 2) \%$.

Микроструктуру зерна ржи получали с помощью электронного сканирующего микроскопа JSM-6380 LV (Япония, Jeol). Исследования проводили в низковакуумном режиме (60 Па) при увеличении в 500 и 1000 раз и ускоряющем напряжении 15 кВ.

Микробиологическую чистоту зерна оценивали путем определения в нем общего числа мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ), плесневых грибов и дрожжей.

Микроструктура поверхности зерна представлена на рисунке 1.

На электронных фотографиях видно, что плодовая оболочка зерна «Сафторн» разрушена в большей степени по сравнению зерном ржи «Авангард», подготовленного по второму и третьему способу.

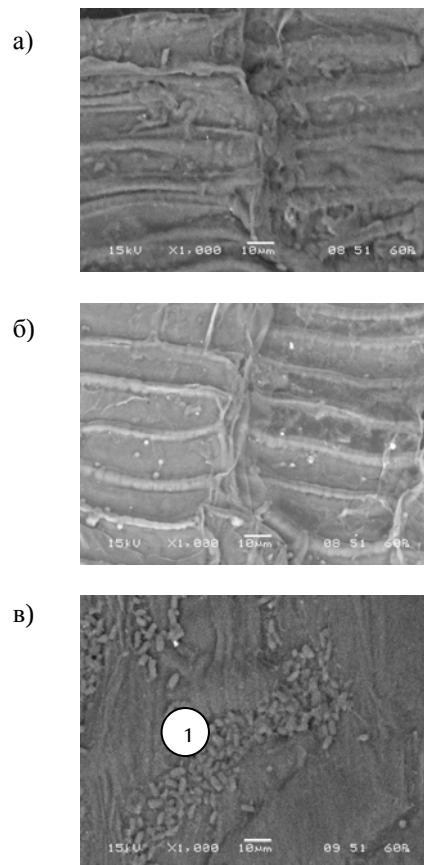
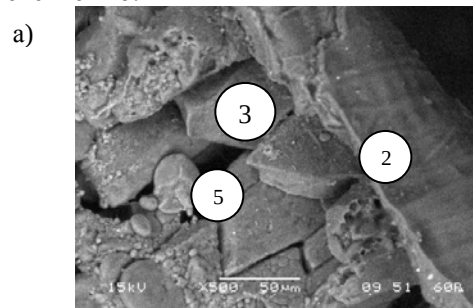


Рисунок 1. Поверхность целого зерна ржи ($\times 1000$), подготовленного по способу: а – 1, б – 2, в – 3 (1 – молочнокислые бактерии)

Также на поверхности подкисленного зерна ржи «Авангард» были обнаружены молочнокислые бактерии в виде палочек размером $(3-8) \times (0,7-1,0) \text{ мкм}$ (рисунок 1в).

Микроструктура оболочки и эндосперма зерна представлена на рисунках 2 и 3 соответственно.



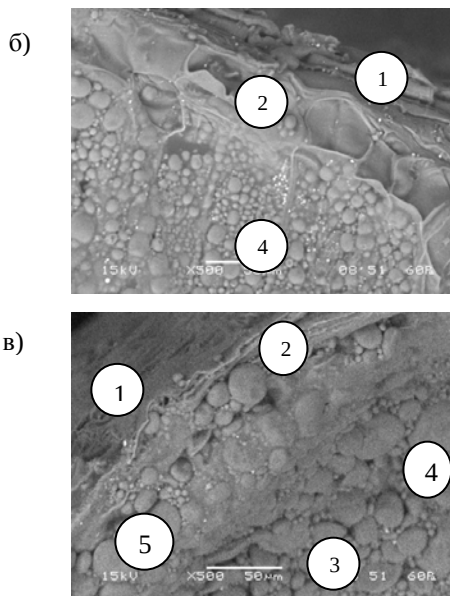


Рисунок 2. Оболочка зерна ржи ($\times 500$), подготовленного по способу: а – 1, б – 2, в – 3 (1 – плодовая оболочка, 2 – алейроновый слой, 3 – зерно крахмала, 4 – белковые глобулы, 5 – воздушные полости)

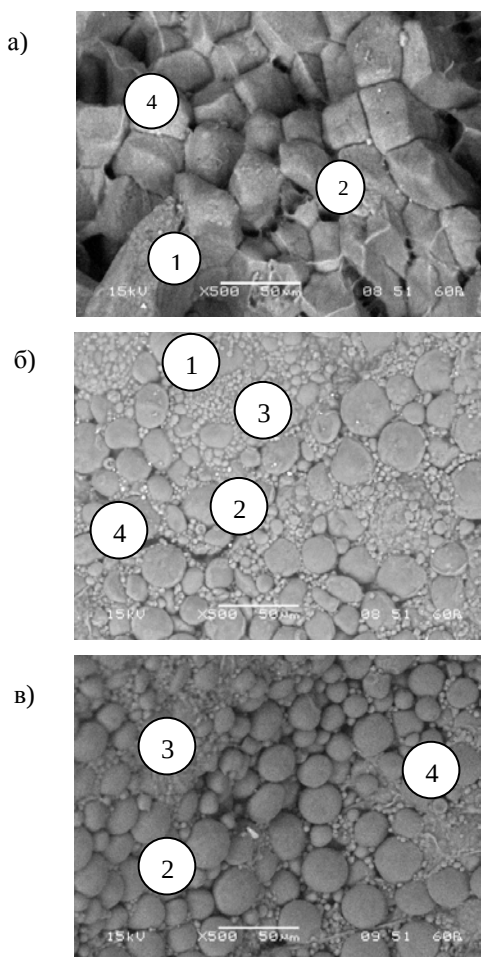


Рисунок 3. Центральная часть эндосперма подкисленного зерна ржи ($\times 500$), подготовленного по способу: а – 1, б – 2, в – 3 (1 – крупное зерно крахмала, 2 – мелкое зерно крахмала, 3 – белковые глобулы, 4 – воздушная полость)

Из рисунков 2 и 3 видно, что в клетках имеются пустоты. Это связано с тем, что белковая матрица частично израсходована на питание зародыша. Большее количество воздушных полостей наблюдается в зерне ржи «Сафторн».

При увлажнении зерна проникающая вода образует микротрещины, расклиная клетки. Набухание межклеточных и внутриклеточных веществ, имеющих различную биохимическую природу, происходит неравномерно и приводит к возникновению напряжений внутри тканей различных анатомических частей зерна.

В структуре клеток происходят сдвиги в результате возникших напряжений вследствие неравномерного набухания белковой матрицы 3 и зерен крахмала 1, 2 (рисунок 3). Природные связи между ними нарушаются и появляются воздушные полости 4, способствующие быстрой передаче влаги внутрь зерна. Данные процессы приводят к снижению твердости зерна [2].

Большая твердость зерна ржи «Авангард», приготовленного разными способами, объясняется более высоким содержанием оболочечных частиц и меньшим количеством воздушных полостей.

Полученные исследования согласуются с экспериментальными данными по определению предела прочности зерна, сделанными ранее [3].

В обоих образцах ржи «Авангард» содержится значительное количество крупных зерен крахмала размером около 25-35 мкм. В зерне ржи «Сафторн» они были значительно больше по размеру (38-58 мкм). Кроме того, крахмальные зерна ржи «Авангард», подготовленного разными способами, и «Сафторн» различаются по форме: у первых образцов они имеют сферическую форму, а у последнего – кристаллическую.

При использовании целого зерна в хлебопекарном производстве необходима дополнительная очистка его от минеральных примесей, вредителей, микроорганизмов и микотоксинов, в избытке содержащихся на зерновой оболочке. Кроме того, набухание и прорастание зерна стимулируют активное развитие микроорганизмов [4].

Содержание токсичных элементов во всех образцах ржи не превышало требований СанПин 2.3.2.1078-01.

Однако в зерне ржи «Сафторн» их количество было незначительно меньше по сравнению с зерном ржи «Авангард». Это связано с тем, что рожь «Авангард» содержит больше оболочечных частиц (таблица 1).

Содержание токсичных элементов в зерне ржи

Токсичные элементы	Требования СанПин 2.3.2.1078-01, мг/кг, не более	Содержание токсичных элементов, мг/кг сухого вещества, в зерне ржи подготовленном по способам		
		1	2	3
Свинец	0,5	0,002	0,004	0,005
Кадмий	0,1	0,003	0,005	0,008
Мышьяк	0,2	менее 0,025	менее 0,025	менее 0,028
Ртуть	0,03	менее 0,0015	менее 0,0015	менее 0,002

Содержание МАФАНМ в зерне ржи «Авангард», подготовленном с 0,8 % ФП «ВискоСтар 150 Л» составляло $7,7 \cdot 10^5$ КОЕ/г, в подкисленном зерне ржи «Авангард» – $3,0 \cdot 10^2$ КОЕ/г, а в зерне «Сафторн» – $1,0 \cdot 10^1$ КОЕ/г.

Анализ зерна на такие микробиологические показатели, как БГКП, протей, дрожжи и плесени показал их отсутствие во всех образцах зерна (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Микробиологические показатели зерна ржи

Микробиологические показатели	Содержание токсичных элементов, мг/кг сухого вещества, в зерне ржи подготовленном по способам		
	1	2	3
МАФАНМ, КОЕ/г	$1,0 \cdot 10^1$	$7,7 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^2$
БГКП (коли-формы) в 0,01 г	Не выявлено		
Протей в 1 г	Не выявлено		
Дрожжи, КОЕ / г	Не выявлено		
Плесени, КОЕ / г	Не выявлено		

В ходе исследований были выявлены отличительные особенности в микроструктуре подкисленного зерна ржи «Сафторн» и «Авангард». Установлено, что в зерне «Сафторн» более сильно разрушена плодовая оболочка; на поверхности зерна, подготовленного с применением культуральной среды, находились молочнокислые бактерии; форма крахмальных зерен у зерен ржи «Авангард» сферическая, а у ржи «Сафторн» - кристаллическая.

Результаты микробиологического анализа показали, что в подготовленном зерне ржи «Авангард», выдержанном в ЭВР (рН 4,5-5,0) с 0,8 % ФП «ВискоСтар 150Л» и в культуральной среде с молочнокислыми бак-

териями содержание токсичных элементов и МАФАНМ выше, чем в зерне «Сафторн», что обусловлено меньшим содержанием в последнем плодовых и семенных оболочек.

Таким образом, результаты проведенных исследований показывали, что предложенные выше способы подготовки зерна ржи «Авангард» позволяют применять его в технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки наряду с использованием готового подкисленного зерна «Сафторн». Данные способы способствуют экономии основного сырья, повышению пищевой и биологической ценности изделий. Кроме того, придают изделиям диетическую и лечебно - профилактическую направленность.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Журавлев А.А. Изменение реологических свойств зерна в зависимости от параметров его подготовки // Кондитерская сфера. 2012. № 5. С. 58-61.
- 2 Попова Е. П. Микроструктура зерна и семян. М.: Колос, 1979. 224 с.
- 3 Логунова Л. В., Пономарева Е.И., Алехина Н.Н. Способы подготовки зерна ржи в технологии хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки // Хлебопродукты. 2012. № 2. С. 54-55.
- 4 Санина Т.В., Магомедов Г.О., Алехина Н.Н. Хлеб из биоактивированного зерна пшеницы. Воронеж.: ВГТА. 2008. 172 с.

REFERENCES

- 1 Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Zhuravlev A.A. Change in the rheological properties of the grain, depending on the parameters of its preparation. *Konditerskaia sfera*. [Confectionery sector], 2012, no. 5. pp. 58-61.
- 2 Popova E. P. Mikrostruktura zrena i semian [Microstructure of grains and seeds]. Moscow, Kolos, 1979. 224 p.
- 3 Logunova L. V., Ponomareva E.I., Alekhina N.N. Methods for the preparation of rye bread in the technology of a mixture of rye and wheat flour. *Khleboprodukty*. [Bakery], 2012. no. 2. pp. 54-55.
- 4 Sanina T.V., Magomedov G.O. Khleb iz bioaktivirovannogo zerna pshenitsy [Bioactivated bread from wheat]. Voronezh, VGTA, 2008. 172 p.

Профессор Г.О. Магомедов, доцент Т.А. Шевякова,
аспирант Ю.А. Чернышева, магистрант Е.А. Мазина

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств. тел. (473) 255-38-51
E-mail: 209777@mail.ru

Professor G.O. Magomedov., associate Professor T.A. Shevyakova,
postgraduate student Yu.A. Tchernysheva,
undergraduate student E.A. Mazina

(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology of bread, confectionery, macaroni and grain processing., tel.: (473) 255-38-51
E-mail: 209777@mail.ru

Сбивные мучные кондитерские изделия на основе муки из цельносмолотого зерна

Whipped flour confectionery based upon whole grain ground flour

Реферат. Мучные кондитерские изделия для российского рынка являются традиционными продуктами и по продажам занимают 1-е место среди всех видов кондитерских изделий. Поэтому особую актуальность приобретают исследования, направленные на разработку бисквитов повышенной пищевой и биологической ценности, восполняющих имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ. Применение муки из цельносмолотого зерна ржи, пшеницы и амаранта позволяет получить качественный продукт с мелкопористой структурой, приятным вкусом и ароматом, повышенной пищевой ценности. При использовании механического способа разрыхления теста сокращаются технологические затраты, существенно интенсифицируется технологический процесс, значительно сокращаются производственные площади предприятия, длительность всего технологического процесса производства бисквитов сокращается на 40 %. В разработанных бисквитах содержание белка увеличивается в 1,5 раза; пищевых волокон - в 6 раз, калия - в 10,8; кальция - в 11, фосфора - в 3, железа - в 3,3 раза; витамина B₆ - в 4,1; B₁₂ - в 2,4; B₉ - в 12,4 раза.

Summary. Flour confectionery products for the Russian market are the traditional products and their sales occupy the 1st place among all types of confectionery. Therefore, it is especially important to conduct research aimed at developing biscuits with increased food and biological value, meeting the existing in the human body requirements in nutrients. The use of flour from whole grain rye, wheat and amaranth allows to receive a quality product with a fine pore structure, pleasant taste and aroma and of high nutritional value. Using a mechanical method for dough loosening reduces operating costs, significantly intensifies the whole technological process, greatly reduces production area of enterprise, the duration of the entire technological process of biscuit production is reduced by 40%. In the developed biscuits protein content increases in 1.5 times; fiber in 6 times, potassium in 10.8 times, calcium in 11 times, phosphorus in 3 times, iron in 3.3 times, vitamin the B₆ in 4.1 times; B₁₂ in 2.4 times, B₉ in 12.4 times.

Ключевые слова: мука из цельносмолотого зерна пшеницы, ржи и амаранта, бисквитное тесто, бисквит.

Keywords: flour from whole ground grain of wheat, rye and amaranth, biscuit dough, cake.

В последние десятилетия, в виду роста числа хронических заболеваний и установления их причинной связи с несбалансированным питанием, к пищевым продуктам стали относиться как к эффективному средству поддержания физического и психического здоровья и снижения риска возникновения многих заболеваний.

Нехватка микроэлементов в рационе питания сегодня рассматривается Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) как глобальная проблема. Исследованиями, проводимыми Институтом питания РАМН и другими медицинскими учреждениями, выявлен глубокий дефицит витамина С (в 3,5-5 раз меньше рекомендуемого потребления), витаминов группы В, Е, А и фолиевой кислоты. Поливитаминный дефицит

сочетается с недостаточным поступлением минеральных веществ — йода, кальция, железа, цинка, фтора; дефицит пищевых волокон достигает 50 %, полноценных белков - 25 %.

Мучные кондитерские изделия для российского рынка являются традиционными продуктами и по продажам занимают 1-е место среди всех видов кондитерских изделий. Печенье и бисквиты употребляют 72 % жителей. Поэтому особую актуальность приобретают исследования, направленные на разработку бисквитов повышенной пищевой и биологической ценности, восполняющих имеющийся в организме человека дефицит питательных веществ [1].

© Магомедов Г.О., Шевякова Т.А.,
Чернышева Ю.А., Мазина Е.А., 2014

Традиционные технологии переработки зерна с удалением оболочек (отрубей) не обеспечивают нас сбалансированным питанием, что приводит к ряду заболеваний, в первую очередь желудочно-кишечного тракта.

Цельное зерно с оболочками (семена) обладает невероятным потенциалом. В цельном зерне ни одна из полезных составляющих зерна: отруби, зародыш, эндосперм, – не удалена в процессе переработки.

Цельное зерно содержит сложные углеводы, протеины, жиры, витамины и микроэлементы в пропорциях, идеальных для организма, а также служит великолепным источником клетчатки и комплекса витаминов группы В, Е, А. Наружные оболочки (отруби) содержат более 80 % пищевых волокон (клетчатки), витаминов, микроэлементов и других биологически активных веществ, имеющих в своем составе цельное зерно.

При удалении отрубей из пищевых продуктов польза последних для человеческого организма снижается в несколько раз. Клетчатка (пищевые волокна) отрубей является очень важным элементом здорового питания. Обеспечивая организм микроэлементами и витаминами группы В, Е, А, она замедляет повышение уровня сахара в крови после приема пищи, а также способствует снижению уровня холестерина и улучшает работу желудка. Клетчатка помогает контролировать вес, является отличным натуральным энтеросорбентом. Она способствует выведению из организма шлаков, токсинов, тяжелых металлов и радионуклидов.

Микроэлементы в цельном зерне хелатированы. Это означает, что они находятся в естественном состоянии – связаны с аминокислотами и потому хорошо усваиваются человеческим организмом. Также микроэлементы участвуют в образовании и действии всех ферментов и поддерживают определенное значение электрического заряда на мембранах всех клеток, предохраняя их от вторжения микробов [2].

В состав муки из цельнозернового зерна амаранта входит большое количество витаминов, весьма важных для организма человека макро- и микроэлементов, а также других биологически активных веществ, определяющих разнообразные лечебно-профилактические свойства амарантовой муки (сквален, фитостеролы, фосфолипиды и др.).

Благодаря своей высокой пищевой ценности, уникальным лечебно-профилактическим свойствам и высокой урожайности амарант признан экспертами продовольственной комиссии ООН наиболее перспективной зерновой культурой XXI века [3, 4].

Для производства мучных кондитерских изделий широко используется химический способ разрыхления теста. Но проводимые в течение ряда лет научные исследования показали перспективность применения физических способов обработки сырья и полуфабрикатов, в числе которых способ механического разрыхления теста [5].

Целью исследований являлась разработка технологии сбивных мучных кондитерских изделий – бисквитов на основе муки из цельнозернового зерна пшеницы, ржи и амаранта повышенной пищевой ценности с применением механического способа разрыхления, без яичного меланжа.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- исследовать влияние рецептурных компонентов на пенообразующую способность теста;
- определить оптимальные параметры замеса сбивного теста;
- разработать технологию бисквита повышенной пищевой ценности на основе цельнозерновой муки;
- определить содержание ароматизирующих веществ и антиоксидантной активности сбивного бисквита;
- определить пищевую и биологическую ценность сбивных мучных кондитерских изделий.

В ходе экспериментов готовили образцы бисквитов из муки цельнозернового зерна пшеницы и ржи, амаранта и пшеницы, амаранта и ржи. Замес теста производился при частоте 350 мин⁻¹ в течение 11 минут, затем тесто сбивали на сбивальной установке МС-450, предназначенной для механического разрыхления теста, при частоте вращения месильного органа 800 мин⁻¹ в течение 40 с при давлении сжатого воздуха 0,5 МПа.

Экспериментальные данные зависимости объемной массы теста от продолжительности сбивания позволили получить серию кривых для сбивного теста из смеси муки цельнозернового зерна пшеницы, ржи и смесей пшеничной и амарантовой, ржаной и амарантовой муки (рисунок 1).

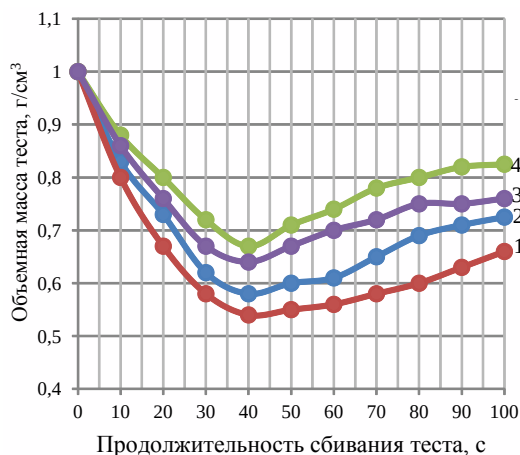


Рисунок 1. Зависимость объемной массы от продолжительности сбивания теста из цельносмолотой муки: 1 - ржано-амарантовой; 2 - пшенично-амарантовой; 3 - ржаной; 4 - пшеничной.

Установлено, что при внесении амарантовой муки в тесто на основе муки из цельносмолотого зерна объемная масса уменьшается, так как амарантовая мука обладает хорошей пенообразующей способностью (белки амарантовой муки не содержат глютена, они представлены альбуминовой и глобулиновой фракциями, которые после набухания переходят в раствор). Объемная масса теста на основе муки из цельносмолотого зерна пшеницы и амаранта при соотношении 7:3 достигает минимального значения $0,58 \text{ г/см}^3$ на 40 с сбивания, для теста на основе муки из цельносмолотого зерна ржи и амаранта при соотношении 7:3 объемная масса $0,54 \text{ г/см}^3$ достигается на 40 с сбивания.

Для повышения пищевой ценности бисквита вносили сухое молоко и концентрированный яблочный сок.

Ценность сухого молока заключается в том, что все компоненты молока идеально сбалансированы и находятся в легкоусвояемой и доступной форме. Яблочный сок богат витамином С, Е, Н (витамины красоты), РР и витаминами группы В, кальцием, магнием, калием, фосфором, железом, цинком.

В ходе эксперимента определяли влияние жира и сухого молока на пенообразующую способность теста на основе муки цельносмолотой ржаной и амарантовой. Установили, что при внесении этих компонентов объемная масса теста снижается, что способствует пенообразованию.

Установлено, что с увеличением дозировки жира повышается пенообразующая способность теста [6], причем наименьшая объемная масса теста $0,4 \text{ г/см}^3$ достигается на 40 с сбивания (рисунок 2).

Изучено влияние сухого молока на пенообразующую способность теста из цельно-смолотого зерна и установлена минимальная объемная масса теста – $0,66 \text{ г/см}^3$ при дозировке сухого молока 20,0 % и продолжительности сбивания 50 с.

При механическом разрыхлении теста важным является выбор оптимальных параметров замеса и сбивания теста. Установлены оптимальные режимы приготовления теста: при соотношении пшеничной и амарантовой муки 71:29 и продолжительности сбивания теста под давлением сжатого воздуха $0,5 \text{ МПа}$ на установке МС-450 в течение 39 с бисквит обладает наибольшим удельным объемом $243 \text{ см}^3/\text{г}$, пористостью – 67 % и наименьшей объемной массой теста $0,63 \text{ г/см}^3$; при соотношении ржаной и амарантовой 68:32 и продолжительности сбивания теста 36 с бисквит обладает наибольшим удельным объемом $242 \text{ см}^3/\text{г}$, пористостью 68 % и наименьшей объемной массой теста $0,62 \text{ г/см}^3$.

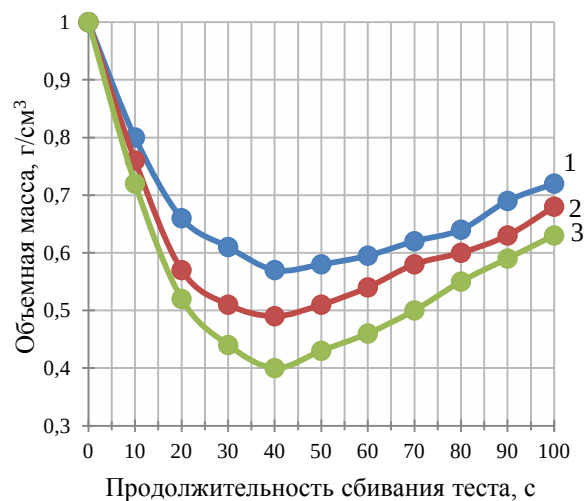


Рисунок 2. Зависимость объемной массы теста на основе муки цельносмолотой ржаной и амарантовой от продолжительности сбивания при дозировке жира к массе муки, %: 1 - 0; 2 - 6; 3 - 12.

Качество пищевого продукта является комплексным понятием. Для науки о питании в нем первостепенное значение имеют биологическая, пищевая ценность и диетические свойства изделия. Для потребления важными являются вкусовые достоинства и аромат продукции. Поэтому очень важно проводить ис-

следования аромата и ароматобразующих веществ, которые воспринимаются по запаху.

Для определения влияния рецептурных компонентов на содержание ароматических веществ исследовали бисквит на ароматизаторе запахов «МАГ – 8»: проба 1 – бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна ржи; проба 2 – бисквит «Полезный» (бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна ржи и амаранта); проба 3 – бисквит на основе муки цельносмолотого зерна пшеницы; проба 4 – бисквит «Витаминный» (бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна пшеницы и амаранта).

Установлен близкий качественный и количественный состав равновесной газовой фазы, представленной смесью основных классов легколетучих соединений, на которые настроен массив сенсоров (спирты, кетоны, алкилацетаты, кислоты, амины, вода, ароматические соединения, неполярные углеводороды) для всех изученных проб (таблица 1).

Просматриваются следующие тенденции изменения состава РГФ над пробами. Введение яблочного сока способствует значительному обогащению состава легколетучей фракции аромата. Добавление амарантовой муки при этом незначительно уменьшает интенсивности запаха проб на основе пшеничной и ржаной муки (пробы 1-я и 3-я и 2-я – 4-я). При добавлении ржаной муки существенно уменьшается содержание сильнополярных соединений в РГФ. Аромат обедняется. Введение амаранта сглаживает нативный аромат ржаной муки. Форма «визуальных отпечатков» сигналов сенсоров отражает состав РГФ над исследуемыми образцами (рисунок 3).

Для сопоставления содержания легколетучих соединений в равновесной газовой фазе над образцами сравним форму полных «визуальных отпечатков» максимальных сигналов

сенсоров (рисунок 3), которые больше оценивают идентичность состава.

Проследить изменения в качественном составе РГФ над пробами позволяет параметр A_{ij} , показывающий постоянство соотношения концентраций отдельных классов легколетучих соединений в РГФ (таблица 2).

Если показатели A для проб близки или совпадают, то можно считать, что соотношение содержания в пробах отдельных классов соединений одинаково. Если соотношение сигналов отличается для проб, то соотношение концентраций этих групп соединений различно.

По сигналам сенсоров 5/4 оценивается соотношение содержания в пробах воды, полярных органических соединений (спирты, эфиры) и кетонов (таблица 2).

Установлено, что по этому показателю изменяется распределение легколетучих веществ над пробой 4 больше всего (завышенная доля кетонов), по сравнению с пробой 3, что объясняется влиянием нативных компонентов амарантовой муки. Аналогично влияние муки из амаранта в пробах 1 и 2.

Идентифицировать дополнительно вещества в пробах позволяет показатель стабильности аромата A по сигналам сенсоров 2/7 с сорбентами, проявляющими сродство к аминам, серосодержащим соединениям и алифатическим кислотам, полярным органическим соединениям (циклические спирты, эфиры) (ПДЭГС/ Tween). Если этот показатель для какой-либо пробы больше, то в РГФ над ней присутствует больше аминов, сернистых соединений, чем кислот.

По этому показателю установлено, что введение амарантовой муки приводит к увеличению доли кислот в РГФ над пробой, при этом для изделий на основе пшеничной муки действие амаранта не проявляется.

Т а б л и ц а 1

Отклики сенсоров (Гц) и площадь «визуального отпечатка»

Пробы с добавлением ингредиентов	S1 – ПВП	S2 – ПДЭГС	S4 – ПЭГ2000	S5 – Пч.кл	S6 – ПЭГ фтал.	S7 – Tween	S8 – ТОФО	S _{во.} , Гц.с
Бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна ржи	33	6	17	3	7	5	4	109
Бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна ржи и амаранта	27	5	14	3	6	4	4	82
Бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна пшеницы	38	6	20	4	5	6	4	129
Бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна пшеницы и амаранта	38	5	17	4	5	5	5	107

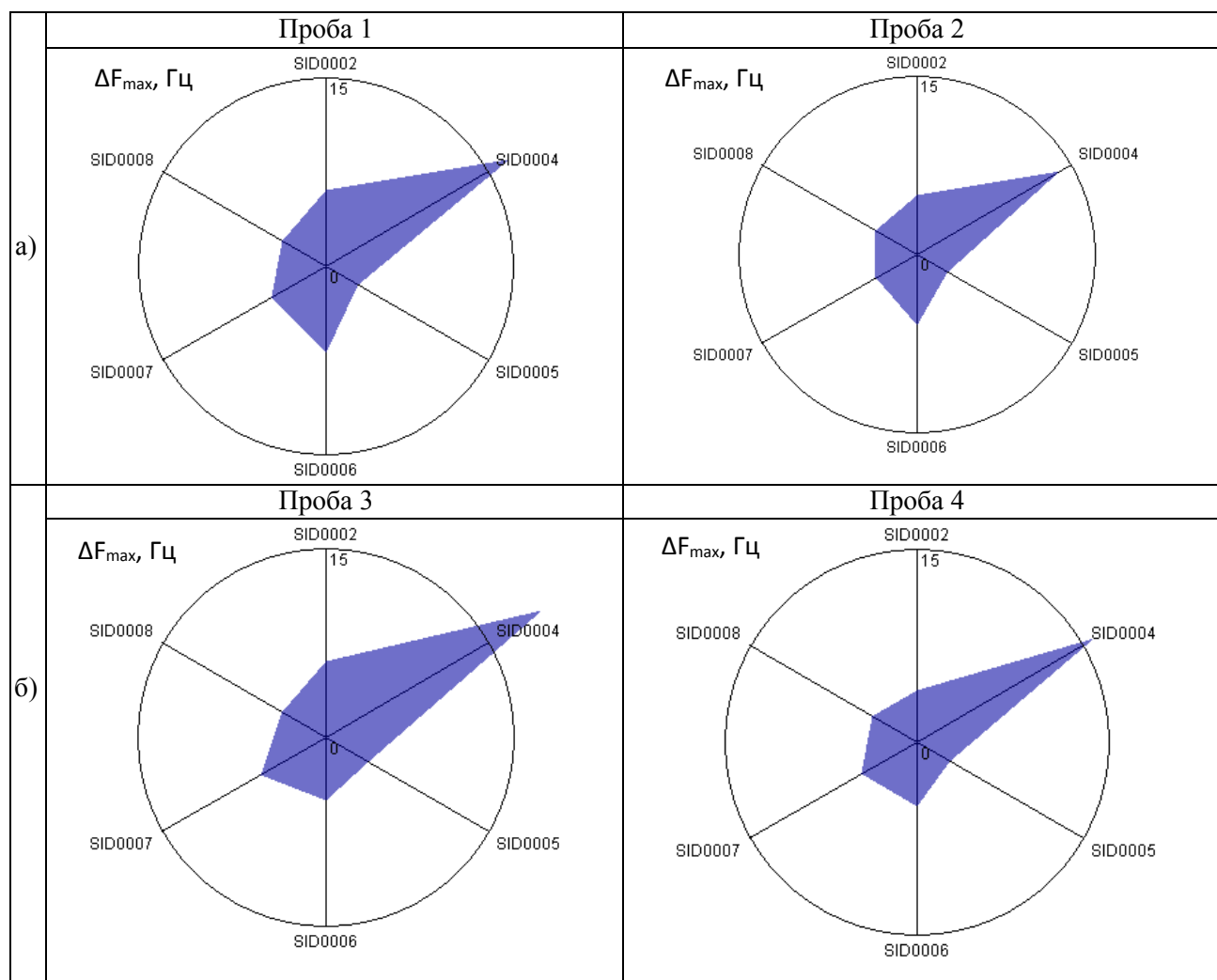


Рисунок 3. «Визуальные отпечатки» максимальных и кинетические «визуальные отпечатки» (б) сигналов сенсоров в РФФ над тестируемыми пробами бисквитов. По осям указаны номера сенсоров в матрице и время фиксирования откликов (а)

Т а б л и ц а 2

Соотношение сигналов нескольких сенсоров в матрице для тестируемых проб

Вид пробы	Показатель стабильности аромата		
	$A_{5/4}$	$A_{2/7}$	$A_{6/4}$
1. Бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна ржи	0,18	1,20	0,40
2. Бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна ржи и амаранта	0,20	1,00	0,25
3. Бисквит на основе муки цельносмолотого зерна пшеницы	0,21	1,30	0,43
4. Бисквит на основе муки из цельносмолотого зерна пшеницы и амаранта	0,24	1,00	0,30

Показатель $A_{6/4}$ позволяет оценить долю простых и сложных эфиров, ацетатов от суммы спиртов, эфиров, кислот. Установлено, что по этому показателю изменение рецептуры значимо для проб 3 и 4, что объясняется взаимным действием добавок.

Одной из основных причин наиболее опасных заболеваний считается накопление свободных радикалов в организме человека. Концентрация свободных радикалов (супероксидный радикал, пероксид водорода, гидроксил радикал и др.) возрастает за счет снижения активности естественной

антиоксидантной системы человека, связанной с воздействием радиации, УФ облучения, курения, алкоголизма, постоянных стрессов, инфекционных болезней, некачественного питания. За счет вредных воздействий свободных радикалов повреждаются стенки сосудов, мембраны, окисляются липиды, что приводит к серьезным патологическим изменениям, к сердечно-сосудистым и онкологическим заболеваниям, а также к преждевременному старению.

Вредное воздействие на организм "свободных радикалов" можно уменьшить за счет систематического употребления продуктов питания, обладающих хорошей антиоксидантной активностью. Основные природные антиоксиданты - витамины Е и С, полифенолы, флавоноиды, ароматические оксикислоты, антоцианы и др. Антиоксиданты защищают клеточные структуры от повреждения их свободными радикалами, это предохраняет организм человека от болезней.

Целью дальнейших исследования являлось определение антиоксидантной активности готовых изделий в процессе хранения (рисунок 4) [7].

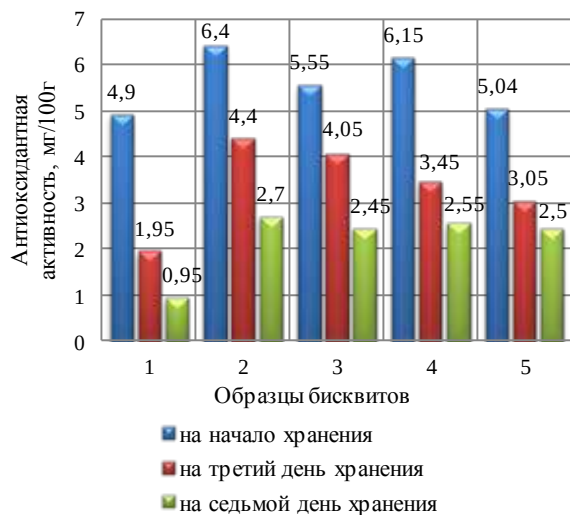


Рисунок 4. Антиоксидантная активность в процессе хранения бисквитов на основе муки: 1 – пшеничной муки высшего сорта; 2 – из цельносмолотого зерна ржи и амаранта «Полезный»; 3 – из цельносмолотого зерна ржи; 4 – из цельносмолотого зерна пшеницы и амаранта «Витаминный»; 5 – из цельносмолотого зерна пшеницы.

В бисквитах, приготовленных с внесением амарантовой муки, наблюдается наивысшее значение антиоксидантной активности 6,15 и 6,4 мг/100 г, что обусловлено наличием в составе этой муки мощного антиоксиданта – сквалена. Яблочный сок, входящий в состав разработанных бисквитов обладает высоким содержанием витамина С, который также является одним из сильных антиоксидантов, что способствует максимальному значению антиоксидантной активности изделия.

В процессе хранения антиоксидантная активность снижается для контрольного образца в 5,2 раза, для бисквитов на основе цельносмолотой муки из пшеницы, ржи и амаранта 2,3-2,4 раза.

Образцы бисквитов, приготовленные из цельносмолотой муки, обладают богатым составом полезных веществ, необходимых для организма человека. Особенно полезны сбивные изделия, приготовленные с применением амарантовой муки, так как она обогащает мучные кондитерские изделия незаменимыми аминокислотами, антиоксидантами и минеральными веществами. Биологическая ценность сбивных бисквитов «Витаминный» по сравнению с контролем увеличилась на 4,90 %, «Полезный» – на 5,04 %.

Таким образом, применение муки из цельносмолотого зерна ржи, пшеницы и амаранта позволяет получить качественный продукт с мелкопористой структурой, приятным вкусом и ароматом, повышенной биологической ценности. В разработанных бисквитах содержание белка увеличивается в 1,5 раза; пищевых волокон - в 6 раз, калия - в 10,8; кальция - в 11, фосфора - в 3, железа - в 3,3 раза; витамина В₆ - в 4,1; В₁₂ - в 2,4; В₉ - в 12,4 раза.

Мучные кондитерские изделия, рецептура которых исключает яичный меланж, позволяют улучшить санитарное состояние производства, снизить массовую долю холестерина на 94 % и сахароемкость бисквита в 3,7 раза, придать изделиям диетические свойства.

При использовании механического способа разрыхления теста сокращаются технологические затраты, существенно интенсифицируется технологический процесс, значительно сокращаются производственные площади предприятия, длительность всего технологического процесса производства бисквитов сокращается на 40 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Птуха А.Р. Рынок мучных кондитерских изделий растет за счет новых видов продукции // Хлебопродукты. 2012. № 11. С.8-9.
- 2 Магомедов Г.О., Олейникова А.Я., Шевякова Т.А. Технология мучных кондитерских изделий: учебное пособие. М.: ДеЛипринт, 2009. 296 с.
- 3 Шмалько Н. А., Росляков Ю.Ф. Амарант в пищевой промышленности. Краснодар: Просвещение-Юг, 2011. 489 с.
- 4 Магомедов Г.О., Шевякова Т.А., Жুরавлев А.А., Чернышева Ю.А. и др. Сбивные кондитерские изделия с применением муки из цельносмолотого зерна // Хлебобулочные, кондитерские и макаронные изделия XXI века: материалы III Международной научно-практической конференции, 19-21 сентября 2013 г. Краснодар: КубГТУ, 2013. С. 141-142.
- 5 Магомедов Г.О., Шевякова Т.А., Чернышева Ю.А., Мазина Е.А. Получение сбивных бисквитов путем механического разрыхления // Международная научно-техническая конференция (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство»: сборник материалов, 3-4 декабря 2013 г. Воронеж, ВГУИТ, 2013. С. 355.
- 6 Олейникова А. Я., Магомедов Г.О., Мирошникова Т.Н. Практикум по технологии кондитерских изделий. СПб.: ГИОРД, 2005. 464 с.
- 7 Яшин А.Я., Яшин Я.И., Черноусова Н.И., Пахомов В.П. Новый прибор для определения антиоксидантов в лекарственных препаратах, биологически активных добавках, пищевых продуктах и напитках ЦветЯуза-01-АА. М: НПО «Химавтоматика», 2005. С. 83-87.

REFERENCES

- 1 Ptukha A.R. Market of flour confectionery products is increasing due to new products. *Khleboprodukty*. [Bakery products], 2012, no. 11, pp. 8-9. (In Russ.).
- 2 Magomedov G.O., Oleinikova A.Ia., Sheviakova T.A. *Tekhnologiiia muchnykh konditerskikh izdelii* [Technology of flour confectionery]. Moscow, DeLiprint, 2009. 296 p. (In Russ.).
- 3 Shmal'ko N. A., Rosliakov Iu.F. *Amarant v pishchevoi promyshlennosti* [Amarant in the food industry]. Krasnodar, Prosveshchenie-Iug, 2011. 489 p. (In Russ.).
- 4 Magomedov G.O., Sheviakova T.A., Zhuravlev A.A., Chernysheva Iu.A. et al. Whipped confectionery using flour from whole ground grain. *Khlebobulochye, konditerskie i makaronnye izdeliia XXI veka: materialy III mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. [Bakery, confectionery and macaroni products of the XXI century: materials of the III International scientific-practical conference], Krasnodar, 2013. pp. 141-142. (In Russ.).
- 5 Magomedov G.O., Sheviakova T.A., Chernysheva Iu.A., Mazina E.A. Getting whipped cream biscuits by mechanical loosening. *Mezhdunarodnaia nauchno-tekhnicheskaia konferentsiia "Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoi promyshlennosti: nauka, obrazovanie, proizvodstvo"*. [International scientific and technical conference (part-time) «Institute of innovative technologies in the food processing industry: science, education and production», Voronezh, 2013. pp 355. (In Russ.).
- 6 Oleinikova A. Ia., Magomedov G.O., Miroshnikova T.N. *Praktikum po tekhnologii* [Workshop on technology of confectionery]. Sent-Petersburg, GIORД, 2005. 464 p. (In Russ.).
- 7 Iashin A.Ia., Iashin Ia.I., Chernousova N.I., Pakhomov V.P. *Novyi pribor dlia opredeleniia antioksidantnoi aktivnosti v lekarstvennykh preparatakh, biologicheskii aktivnykh dobavkakh, pishchevykh produktakh i napitkakh Tsvet-Iauza-01-AA* [The new device for definition of antioxidants in medicines, biologically active supplements, foodstuff and drinks Tsvet-Iauza-01-AA]. Moscow, NPO Himavtomatika, 2005. pp. 83-87. (In Russ.).

УДК 664.8.022.1.035.15

Профессор Г.И.Касьянов

(Кубанский государственный технологический университет) кафедра технологии мясных и рыбных продуктов. тел. (861) 255-99-07

E-mail Kasyanov@kubstu.ru

Professor G.I. Kasjanov

(Kuban state technological university) Department of meat and fish products technology. phone (861) 255-99-07

E-mail: Kasyanov@kubstu.ru

Техника и технология использования диоксида углерода в суб – и сверхкритическом состоянии

Technique and technology of using carbon dioxide in sub- and supercritical state

Реферат. Решение проблем глубокой переработки сельскохозяйственного сырья во многом зависит от использования биотехнологических приемов обработки компонентов сырья, применения высокотехнологических способов с целью длительного хранения сырья, препаративного разделения химических компонентов сырья, созданию натуральных пищевых добавок на основе вторичных ресурсов сельскохозяйственного производства. Известно, что современные технологические процессы переработки сельскохозяйственного сырья сопровождаются изменениями в газожидкостных средах в широком диапазоне влажности, температур и давлений. Газожидкостные технологии эффективно влияют на поток сырья, которое приобретает новые качественные характеристики или может разделяться на отдельные классы химических соединений. В статье представлены результаты исследований автора в области газожидкостной обработки сельскохозяйственного сырья. Сформулирована концепция нового научного направления – единой системы применения диоксида углерода в отраслях пищевой промышленности для создания принципиально новых высоких технологий CO₂-обработки сырья различного происхождения. Проанализированы технологические возможности газожидкостной обработки растительного и животного сырья для получения высококонцентрированных натуральных пищевых добавок. Использование в качестве экстрагента диоксида углерода в суб- и сверхкритическом состоянии позволило решить ряд задач по препаративному разделению химических компонентов растительного сырья, активировать деятельность собственных протеолитических ферментов животного сырья, достичь сверхтонкого измельчения сырья способом газожидкостного взрыва.

Summary. Solving problems of deep processing of agricultural raw materials is largely dependent on the use of biotechnological methods of processing raw material components, the use of high-tech methods for the purpose of long-term storage of raw materials, preparative separation of the chemical components of raw materials, creation of natural food supplements based on secondary agricultural inputs. It is known that modern processes of agricultural raw materials are accompanied by changes in gas-liquid media in a wide range of humidity, temperature and pressure. Gas-liquid technology effectively influence the flow of raw materials, which acquires new characteristics or quality can be divided into separate classes of chemical compounds. Results of author's researches in the area of agricultural raw material gas-liquid treatment are represented in the article. Idea of new scientific direction - unified system of carbon dioxide application in the branches of food industry for creation of principally new high technologies of various origin raw material. Technological opportunities vegetative and animal raw material gas-liquid treatment for production of highly concentrated natural food agents have been analyzed. Application of carbon dioxide as extraction agent in sub- and supercritical state made possible to solve several problems of vegetative raw material chemical components preparative separation, activate the activity of animal raw material inner enzymes, achieve the raw material hyperfine de-composition by method of gas-liquid explosion.

Ключевые слова: диоксид углерода, суб- и сверхкритическая CO₂-экстракция, растительное сырье, биотехнология, оборудование для CO₂-экстракции.

Keywords: carbon dioxide, sub- and supercritical CO₂-extraction, vegetative raw material, biotechnology, equipment for CO₂-extraction

Решение проблем глубокой переработки сельскохозяйственного сырья во многом зависит от использования биотехнологических приемов обработки компонентов сырья, применения высокотехнологических способов с целью длительного хранения сырья, препаративного разделения химических компонентов сырья, созданию натуральных пищевых добавок на основе вторичных ресурсов сельскохозяйственного производства.

Известно, что современные технологические процессы переработки сельскохозяйственного сырья сопровождаются изменениями в газожидкостных средах в широком диапазоне влажности, температур и давлений. Газожидкостные технологии эффективно влияют на поток сырья, которое приобретает новые качественные характеристики или может разделяться на отдельные классы химических соединений.

© Касьянов Г.И., 2014

Целью работы является анализ технологических особенностей газожидкостной обработки сельскохозяйственного сырья для получения высококонцентрированных БАВ. Достижение поставленной цели позволяет определять оптимальные режимные параметры процесса CO_2 -экстракции для аппаратов разной производительности, обеспечивать получение экстракта высокого качества, достигнутого на уровне лабораторных исследований и сократить продолжительность процесса извлечения ценных компонентов из растительного сырья [1-3].

Весомую роль в обсуждаемой области играют экстракционные процессы, среди которых особое место принадлежит диоксиду углерода при суб- и сверхкритических параметрах. Выполненные с участием автора предварительные теоретические и экспериментальные исследования позволили сформулировать основные закономерности газожидкостной обработки сырья [4-6]. Масштабный перенос результатов эксперимента в промышленные условия представляет серьезную научно-исследовательскую и прикладную задачу.

Несмотря на значительное количество публикаций и объектов интеллектуальной собственности в области газожидкостных технологий, в настоящее время не существует четких алгоритмов промышленного освоения процессов суб и сверхкритической CO_2 -экстракции, учитывающих взаимосвязи массопереноса в слое экстракционного материала с заданным качеством CO_2 -экстракта [7-9]. Качество большинства CO_2 -экстрактов определяется, в первую очередь, содержанием в них целевого компонента, например азулена в ромашке аптечной, сквалена в амаранте, карвона в тмине, цинеола в лавровом листе. Такое состояние обеспечивается селективностью жидкого или сжатого диоксида углерода как растворителя, или использованием в экстракционной системе азеотропных смесей и сорастворителей.

Промышленная реализация технологии суб и сверхкритической CO_2 -экстракции ценных компонентов из сырья предусматривает масштабирование полученных данных в промышленных объемах [10-12].

Субкритическая CO_2 -экстракция относится к мягкорегимным процессам пищевой технологии и наиболее полно используется в интервале температур от +5 до +28 °C и давлений насыщенных паров CO_2 от 3,8 до 7,2 МПа. Используя методы системного анализа, сформулирована концепция нового научного направления в области применения в пищевой

промышленности CO_2 -технологий для переработки различных видов пищевого сырья.

Выявлены закономерности взаимодействия, функционирования и развития технологических процессов, основанных на взаимодействии пищевых продуктов с диоксидом углерода в стабильных или изменяющихся фазовых состояниях, что позволило разработать научные основы инженерных решений в области техники и технологий CO_2 -обработки пищевого сырья.

По результатам исследований разработаны научные основы селективного экстрагирования, поточно-струйной обработки, выявлены механизмы кристаллизации веществ в сложных системах " CO_2 -компонент", установлены условия появления эффекта "соэкстракции" при взаимодействии растительного сырья с CO_2 -растворителем.

Выявлены основные закономерности активирования собственных протеолитических процессов мышечной ткани под воздействием газообразного диоксида углерода под давлением до 4,0 МПа.

Разработаны совмещенные методы анализа термодинамической эффективности проведения процесса направленной поточно-струйной кристаллизации и селективной экстракции в системе «энергетика – экономика – экология».

Разработана методология выбора и определения последовательности проведения проектно-конструкторских разработок, для оценки взаимосвязанных режимных и технологических характеристик оригинального оборудования для CO_2 -технологий.

Разработаны обобщенные подходы к процессам, позволившие выявить интерактивные факторы развития новых технологических процессов, сформулировать направления научных исследований и обобщить пути решения многочисленных задач, которые стояли и стоят перед перерабатывающими предприятиями пищевой и парфюмерно-косметической промышленности.

Доказана возможность управления эффективностью экстрагирования целевых веществ из растительного сырья с помощью направленного разрушения клеточной структуры материала.

Обоснован способ гомогенизации растительного сырья последовательным изменением давления обработки. Установлены закономерности очистки виноградного сока и виноматериалов от тартратов с целью стабилизации качества и повышения потребительской ценности готовых продуктов.

Выявлены условия формирования гидроаэрозоля, мелко гранулированного водного льда, “сухого снега” (из CO_2 и водного льда) в струйных газодинамических устройствах. Использование сверхкритического диоксида углерода в качестве технологического агента является новым направлением в пищевой технологии, которое активно развивается в настоящее время. В сверхкритическом состоянии CO_2 существенно меняет свойства и может использоваться не только как эффективный экстрагент, но и для регенерации полимерных адсорбентов.

Сверхкритические экстракционные технологии отличаются высокой диффузионной способностью флюида, имеющего высокую селективность извлечения, больший выход извлекаемых компонентов, отсутствие следов растворителя в готовом продукте. Легкость регенерации экстрагента и, во многих случаях, одностадийность операции определяют энергосберегающий характер процесса.

На рисунке 1 приведена аппаратурно-технологическая схема производства CO_2 -экстрактов, реализованная в условиях экстракционного цеха ООО «Компания Караван» (г. Краснодар). Это предприятие является головной организацией Межрегионального научно-производственного центра «Экстракт-Продукт».

Отличительной особенностью установки является применение ультразвукового способа интенсификации процесса экстракции. Значительный интерес представляет разработанная автором комбинированная схема организации процесса CO_2 -экстракции при суб- и сверхкритических режимах.

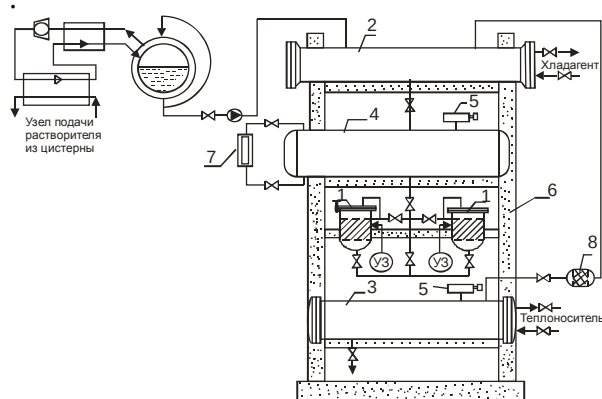


Рисунок 1. Аппаратурно-технологическая схема производства CO_2 -экстрактов:

1 – экстракторы, 2 – конденсатор, 3 – испаритель, 4 – сборник, 5 – предохранительный клапан, 6 – рама, 7 – указатель уровня, 8 – фильтр.

Предназначенное для обработки сырья загружается в сетчатые кассеты и помещается в субкритический экстрактор 1. Из сборника-конденсатора 2 через вентиль B_3 подается жидкий CO_2 , который сначала пропитывает сырье, затем через вентиль B_6 образовавшаяся мисцелла поступает в испаритель 5. В паровую рубашку испарителя 5 подается горячая вода, при этом растворитель в мисцелле резко вскипает и через вентиль B_1 подается в конденсатор 2. Выделившийся из мисцеллы CO_2 -экстракт через вентиль B_8 направляется в сборник 6.

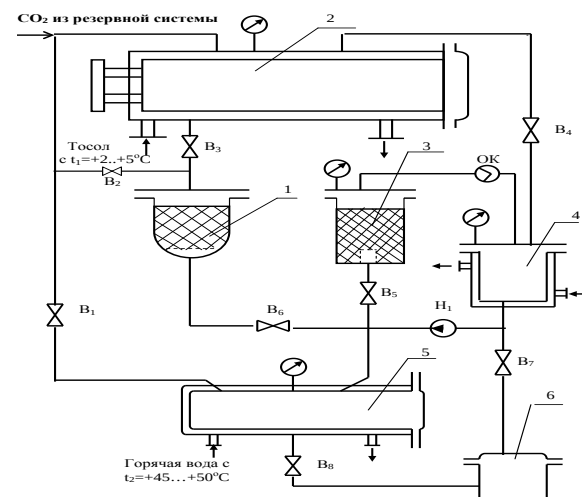


Рисунок 2. Комбинированная схема суб- и сверхкритической экстракции ценных компонентов из растительного сырья.

1 – субкритический экстрактор, 2 – конденсатор, 3 – сверхкритический экстрактор, 4 – сепаратор, 5 – испаритель, 6 – сборник

Процесс сверхкритической экстракции организован следующим образом. Вначале в испаритель 5 заливается жидкий CO_2 . В сверхкритическом экстракторе 3, снизу, через слой растительного сырья (в кассете) подается сжатый (флюидный) диоксид углерода. Поступая в охлаждаемый сепаратор 4 газовая мисцелла разделяется на газовую фазу и CO_2 -экстракт, который передается в сборник 6.

Опыт эксплуатации экстракционных установок, стабильные показатели качества вырабатываемых продуктов подтверждают высокую эффективность принципиально новых элементов технологического оборудования; некоторые результаты исследований в виде характеристик режимов обработки представлены в таблице 1, из данных которой следует, что выход экстрактивных веществ существенно зависит от способа обработки сырья.

Наибольший экономический эффект достигается в случае использования сверхкритического диоксида углерода для извлечения ценных компонентов из растительного сырья.

Под руководством и с участием автора проведены полномасштабные химико-биологические исследования более 100 видов отечественного и импортного плодовоовощного, пряно-вкусового, ароматического, маслянистого и других видов сырья, в том числе нетрадиционных видов сырья и ранее неиспользуемых отходов пищевого сырья, выявлена их пригодность и проведена проверка таких видов, для которых наиболее целесообразно применение CO_2 -технологий.

Разработаны научные основы новых разделов пищевой и холодильной техники, таких, как селективное экстрагирование и поточно-струйная обработка в газодинамическом охладителе.

Кроме того, нами предложен и апробирован новый способ обработки мяса сжатым диоксидом углерода под давлением 3-5 МПа. Этот способ позволяет снизить pH мяса на 1,5-2,0 единицы. При смещении pH в кислую или щелочную сторону от изоэлектрической точки, набухаемость коллагена резко увеличивается. Обработка мяса в среде сжатого CO_2 приводит к насыщению мяса газом по всему объему. CO_2 взаимодействует с водой с образованием слабой угольной кислоты, которая, являясь нестойкой, обратимо диссоциирует, но в целом приводит к смещению pH среды в кислую зону.

При действии на коллаген угольной кислоты в нем возникает избыточный положительный заряд, и структура коллагена разрушается за счет расширения фибрилл в полярных областях из-за отталкивания одноименно заряженных групп. В расширенную область поступает вода и происходит набухание. Это также приводит к увеличению нежности мяса, что подтвердилось в результате исследований. Набухший, разрушенный коллаген становится более доступным пищеварительным ферментам, что очень важно в свете существующей на сегодняшний день в пищевой науке доктрине о необходимости включения легкоусвояемого коллагена в рационы взрослых и детей.

Выявлены закономерности прохождения кристаллизации веществ в сложных системах " CO_2 – компонент", что позволило разработать технологию удаления винного камня из виноградного сока и виноматериалов; условия появления эффекта "соэкстракции" при взаимодействии растительного сырья с растворителями.

Выявлены условия формирования охлажденного гидроаэрозоля, получения "сухого снега" в системе " CO_2 - вода", использование которых обеспечивает охлаждение плодовоовощной продукции после сбора и увеличивает продолжительность хранения в 1,5-2 раза, без снижения показателей качества продукции.

Установлены пути интенсификации сушки растительного сырья в 1,2-1,5 раза, путем обработки сырья жидкой и газообразной CO_2 - для удаления кутикулярного липидного слоя с поверхности листьев и плодов, формообразования пенно-пористой структуры в протертых фруктовых пюре без ввода в них поверхностно-активных веществ.

Получена новая информация о возможностях применения способа гомогенизации для переработки плодовоовощных пюре и других паст, при проведении CO_2 -обработки последовательного изменения давления от 4,3 МПа до давления 0,3 МПа, а также о влиянии CO_2 -обработки на комплекс показателей качества гомогенизированных продуктов, виноградного сока и экстрактов из более чем 50 видов сырья, в том числе кутикулярных восков.

Разработана принципиально новая технология переработки растительного сырья и побочных продуктов пищевых производств для получения порошкообразных водорастворимых биологически активных добавок, на основе которых было создано более 40 рецептов различных видов косметических средств, защищенных патентами РФ.

Доказаны возможности управления эффективностью экстрагирования ценных компонентов из растительного сырья путем направленного разрушения клеточной структуры материала – "взрывной клеточной технологий", а также резкого (в 10-100 раз) снижения бактериальной загрязненности сырья, перерабатываемого CO_2 -технологиями.

Созданы не имеющие аналогов за рубежом технологические процессы и оборудование для CO_2 -обработки сырья растительного и животного происхождения, использование которых на многочисленных предприятиях в Российской Федерации и странах ближнего зарубежья позволило:

- осуществить CO_2 -экстракцию из растительного, пряно-ароматного и лекарственного сырья в режимах субкритического и сверхкритического давлений диоксида углерода;
- проводить обработку сырья с целью снижения микробной обсемененности, деарттрации, сверхтонкого измельчения плодовоовощного сырья, удаления кутикулярного

воскового слоя с поверхности плодов и листьев, сатурирования воды и др.;

- проводить гомогенизацию грубоизмельченного сырья газожидкостным методом, с получением продуктов, пригодных для использования в качестве детского и лечебно-профилактического питания;

- обеспечивать технологическое охлаждения продукции (птица, вареные колбасы, мясопродукты, овощи, плоды, зеленные и др.) ледяной водой и гранулированным "сухим снегом";

- освоить производство парфюмерно-косметических изделий потребительского и специального назначения, на основе полученных CO₂-экстрактов, их композиций и биологически активных веществ;

- освоить производство напитков из молочной сыворотки, фруктовых квасов и других жидких продуктов на основе полученных CO₂-экстрактов;

- освоить в производствах мясных, рыбоовощных и рыбных консервов использование полученных CO₂-экстрактов.

Создана современная теоретико-аналитическая база для дальнейшего развития нового промышленного направления в пищевой промышленности, включающая:

- совмещенные методы анализа термодинамической эффективности проведения процесса (селективной экстракции, поточно-струйной кристаллизации) в системе «энергетика – экономика – экология»;

- методологию выбора и определения последовательности проведения проектно-

конструкторских разработок, для оценки взаимосвязанных режимных и технологических характеристик оригинального оборудования для CO₂-технологий;

- обобщенные подходы к использованию результатов научных исследований и опытно-промышленных испытаний, химико-физическим и биологическим анализам продукции, полученной с использованием CO₂-технологий, для синтетизирования новых высоких технологий применительно к новому ассортименту сырья.

Многолетние широкомасштабные и многоплановые научные исследования, проектно-конструкторские и опытно-промышленные разработки в области использования диоксида углерода в качестве технологического агента, выполненные под руководством автора, обеспечили достижение важнейших технологических результатов. Используя методы системного анализа, сформулирована концепция нового научного направления – единой системы применения диоксида углерода в отраслях пищевой промышленности для создания принципиально новых высоких технологий CO₂-обработки сырья различного происхождения.

Выявлены закономерности взаимодействия, функционирования и развития технологических процессов, основанных на взаимодействии пищевых продуктов с диоксидом углерода в стабильных или изменяющихся фазовых состояниях, что позволило разработать научные основы инженерных решений в области техники и технологии CO₂-обработки.

ЛИТЕРАТУРА

1 Касьянов Г.И. Технологические основы CO₂-обработки растительного сырья. М.: Россельхозакадемия, 1994. 132с.

2 Силинская С.М., Касьянов Г.И. Технология переработки каротинсодержащего растительного сырья методами газожидкостной экстракции. Краснодар: КНИИХП, 2005. 147 с.

3 Касьянов Г.И., Деревенко В.В., Соболев Э.М. Достижения объединенной научной школы «Электрофизические, газожидкостные и нанобиотехнологические способы обработки растительного и животного сырья» // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. №2-3. С. 113-117.

4 Касьянов Г.И., Герасимова Н.Ю. Обработка растительного сырья методами суб- и сверхкритической CO₂-экстракции // Консервное производство. 2012. № 1. С.20-23.

5 Касьянов Г.И. Газожидкостные и электромагнитные способы обработки животного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 1. С. 37-39.

6 Касьянов Г.И., Боковикова Т.Н., Тарасов В.Е. Диоксид углерода: производство и применение. Краснодар: Экоинвест, 2010. 171 с.

7 Касьянов Г.И. CO₂-экстракты. Производство и применение. Краснодар: Экоинвест, 2010. 176 с.

8 Касьянов Г.И., Коробицын В.С. Извлечение ценных компонентов из растительного сырья методами до- и сверхкритической CO₂-экстракции. Краснодар: КубГТУ, изд. Дом-Юг, 2010. 132 с.

9 Стасьева О.Н., Латин Н.Н., Касьянов Г.И. CO₂-экстракты Компании Караван – новый класс натуральных пищевых добавок. Краснодар: КНИИХП, 2011. 324 с.

10 Патент РФ № 2058349 МПК: С 09 В 61/00. Способ производства красителя из шелухи лука / Квасенков О.И., Касьянов Г.И. № 93037211/13; Заявл. 22.07.93; Опубл. 27.04.94, Бюлл. № 11.

11 Патент № 2166260 РФ, МПК- А 23 L

1/221. Способ получения экстрактов из субтропического и пряно-ароматического растительного сырья / Касьянов Г.И., Кизим И.Е. № - 99112110/13; Заявл. 11.06.99.; Опубл. 10.05.2001, Бюлл. № 13.

12 Франко Е.П., Касьянов Г.И. CO₂-экстракция семян дыни // Известия вузов. Пищевая технология. 2010. №2–3. С. 121–122.

REFERENCES

- 1 Kas'yanov G.I. Tekhnologicheskie osnovy CO₂ –obrabotki rastitel'nogo syr'ia [Technological bases of CO₂ processing plant materials]. Moscow, Rossel'khozakademii, 1994, 132 p. (In Russ.).
- 2 Silinskaia S.M., Kas'yanov G.I. Tekhnologiya pererabotki karotinsoderzhashchego rastitel'nogo syr'ia metodami gazozhidkostnoi ekstrektsii [Technology for processing carotene containing plant materials by gas-liquid extraction]. Krasnodar, KNIKHP, 2005. 147 p. (In Russ.).
- 3 Kas'yanov G.I., Derevenko V.V., Sobolev E.M. Achieve an integrated scientific school "Electro-, gas-liquid and nanobiotechnology methods of processing plant and animal materials". *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiya*. [Bulletin of universities. Food technology], 2012, no. 2-3, pp. 113-117. (In Russ.).
- 4 Kas'yanov G.I., Gerasimova N.Iu. Processing plant materials methods of sub-and supercritical CO₂ extraction. *Konservnoe proizvodstvo*. [Cannery production], 2012, no. 1, pp. 20-23. (In Russ.).
- 5 Kas'yanov G.I. Gas-liquid and electromagnetic methods of processing animal feed. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiya*. [Bulletin of universities. Food technology], 2012, no. 1, pp. 37-39. (In Russ.).
- 6 Kas'yanov G.I., Bokovikova T.N., Tarasov V.E. Dioksid ugleroda: proizvodstvo i primeneniye [Carbon dioxide: production and use]. Krasnodar, Ekoinvest, 2010. 171 p. (In Russ.).
- 7 Kasianov G.I. CO₂ –ekstrakty. Proizvodstvo i primeneniye [CO₂-extracts. Production and Application]. Krasnodar, Ekoinvest, 2010, 176 p. (In Russ.).
- 8 Kasianov G.I., Korobitsin V.S. Izvlechenie tsennykh komponentov iz rastitel'nogo syr'ia metodami do- i sverkhkriticheskoi CO₂-ekstrektsii [Extraction of valuable components from plant materials and methods supercritical CO₂ extraction], Krasnodar, KubGTU izd. Dom-Iug, 2010. 132 p. (In Russ.).
- 9 Stas'eva O.N., Latin N.N., Kas'yanov G.I. CO₂-ekstrakty kompanii Karavan – novyi klass natural'nykh pishevykh dobavok [CO₂-extracts Companies Caravan - a new class of natural food supplements]. Krasnodar, KNIKHP, 2011. 324 p. (In Russ.).
- 10 Kvasenkov O.I., Kas'yanov G.I. Spособ proizvodstva krasitel'ia iz shelukhi luka [A method of production of dye from onion peel]. Patent RF, no. 2058349, 1996. (In Russ.).
- 11 Kasi'yanov G.I., Kizim I.E. Spособ proizvodstva ekstraktov iz subtropicheskogo i prianoaromaticheskogo rastitel'nogo syr'ia [A method for producing extracts from subtropical and aromatic plant materials]. Patent RF, no. 2166260, 2001. (In Russ.).
- 12 Franko E.P., Kas'yanov G.I. CO₂ extraktion with melon seeds. *Pishchevaia tekhnologiya*. [Bulletin of universities. Food technology], 2010, no. 2-3, pp. 121-122. (In Russ.).

УДК 664.953:639.223

Аспирант А.А. Ефремова,
зав. научно-исслед. лаб. Л.К. Куранова,
профессор О.А. Николаенко
(Мурманский государственный технический университет) кафедра технологии пищевых производств. тел.
E-mail: annaefremova@pochta.ru

Graduate A.A. Efremova,
head of the research laboratory L.K. Kuranova,
professor O.A. Nikolaenko
(Murmansk state technical university) Department of technology of food production. phone
E-mail: annaefremova@pochta.ru

Разработка технологии рыборастворительных консервов-паштетов из тресковых видов рыб

Development of technology for fish canned pate's cod-fish species

Реферат. Рыба и морепродукты играют большую роль в вопросах сбалансированного питания. Наиболее надежным способом консервирования рыбы является изготовление консервов. Тресковые считаются традиционными объектами промысла Северного бассейна, уловы которых на протяжении последних лет сохраняются на стабильно высоком уровне. Они представлены, в основном, треской, пикшей, сайдой, путассу. В последнее время наметилась тенденция к увеличению вылова сайки (полярной тресочки). Цель данной работы - разработка технологии консервов-паштетов из тресковых видов рыб с добавлением растительного сырья. В работе использованы принятые в научных исследованиях микробиологические, химические и физические методы. Массовую долю воды, липидов, белка, минеральных веществ сырья определяли по ГОСТ 7636-85. Разработана технология консервов-паштетов из тресковых видов рыб с добавлением растительного сырья. Оптимизирована рецептура, установлен режим стерилизации. Экспериментально определены показатели качества консервов и дана комплексная оценка пищевой ценности новых видов продукции. Органолептические, физико-химические, биохимические, микробиологические испытания показали, что консервы-паштеты из тресковых видов рыб с овощами, соответствуют всем требованиям безопасности и характеризуются, наряду с отличными потребительскими свойствами, высокой пищевой ценностью. На основании результатов проведенного комплекса исследований разработана техническая документация по выпуску консервов-паштетов с овощами из тресковых видов рыб.

Summary. Fish and seafood play an important role in a balanced diet. The most reliable method of preservation is the production of canned fish. Cod fishery considered traditional objects of the North Basin, which catches in recent years stored at a consistently high level. They are represented, mainly cod, haddock, pollack, whiting. Lately there has been a tendency to increase yield loaves (polar bib). The aim of this work - the development of technology - canned pate's cod fish species with the addition of plant materials. We used the adopted research microbiological, chemical and physical methods. The weight proportion of water, lipids, protein, mineral raw determined according to State standard 7636-85. Developed a technology - canned pate's cod fish species with the addition of plant materials. Optimized formulation is set to sterilization. Experimentally determined parameters of quality canned and given comprehensive assessment nutritional value of new products. Organoleptic, physico-chemical, biochemical and microbiological tests showed that canned pates of Gadidae species of fish with vegetables, meet all safety requirements and are characterized, along with excellent consumer properties, high nutritional value. Based on the results of the research complex developed technical documentation for production of canned vegetables, pates of Gadidae species.

Ключевые слова: консервы-паштеты, растительное сырьё, пищевая ценность

Keywords: canned pates, vegetable raw materials, nutritional value

Рыба и морепродукты играют большую роль в вопросах сбалансированного питания. Наиболее надежным способом консервирования рыбы является изготовление консервов.

Тресковые считаются традиционными объектами промысла Северного бассейна, уловы которых на протяжении последних лет сохраняются на стабильно высоком уровне. Они представлены, в основном, треской, пикшей, сайдой, путассу. В последнее время намети-

лась тенденция к увеличению вылова сайки (полярной тресочки).

Для покрытия дефицита пищевого сырья при производстве консервов авторы ориентировались на вовлечение в производство наряду с традиционным сырьём тресковых видов рыб (треска, пикша) и неиспользованного сырья: путассу, сайки, сайды.

© Ефремова А.А., Куранова Л.К.,
Николаенко О.А., 2014

В условиях изменения экологической обстановки, техногенного загрязнения окружающей среды, неправильного питания, усиления стрессового состояния человека снижаются защитные функции организма, повышается риск развития заболеваний сердечно-сосудистой, пищеварительной, эндокринной, иммунологической и других систем. В связи с этим актуальным направлением является создание продуктов питания с повышенным содержанием витаминов, растительных волокон, пектиновых веществ, полиненасыщенных жиров, минеральных веществ и других биологически активных веществ. Использование сайки, путассу, сайды в производстве консервов-паштетов даст новый толчок разработке и усовершенствованию технологий консервного производства из малоценных видов рыб Северного бассейна. Технология пищевых продуктов, приготовленных на основе измельченной рыбы по количеству выхода съедобной части считается наиболее рациональной, а возможность разнообразных сочетаний компонентов животного и растительного происхождения позволяет заранее спланировать, рассчитать пищевую и биологическую ценность производимых консервов-паштетов, оценить их соответствие принципам сбалансированного питания.

Цель данной работы – разработка технологии консервов-паштетов из тресковых видов рыб с добавлением растительного сырья. В работе использованы принятые в научных исследованиях микробиологические, химические и физические методы. Массовую долю воды, липидов, белка, минеральных веществ сырья определяли по ГОСТ 7636-85.

Содержание белка определяли с помощью автоматического анализатора азота/белка «Pro-Nitro A» по методу Кьельдаля. Содержание жира определяли на аппарате «Det-gras N» по методу Сокслета. Аминокислотный состав консервов определяли методом, основанном на хроматографическом разделении модифицированных с помощью ортофталевого альдегида и β-меркаптоэтанола аминокислот и таурина с последующей регистрацией спектрофлуориметрическим детектором. Жирнокислотный состав консервов определяли методом газовой хроматографии.

Режим стерилизации определяли согласно «Инструкции по разработке режимов стерилизации консервов из рыбы и морепродуктов».

Для изготовления консервов-паштетов из сайды использовалось филе рыбы. Для изготовления консервов из путассу и сайки у рыбы удалялись головы и внутренности.

Предварительно был изучен химический состав (таблица 1) и микробиологические показатели сырья.

Т а б л и ц а 1

Химический состав мяса сырья

Вид рыбы	Массовая доля, %			
	воды	жира	белка	мин. веществ
Сайка	81,4	1,7	14,2	2,7
Путассу	80,2	0,4	17,1	2,3
Сайда	78,4	0,4	19,8	1,4

В качестве растительного ингредиента для производства рыбных паштетов использовались морковь и тыква. Эти овощи технологичны в выращивании и в больших объемах могут поставляться сельским хозяйством на промышленную переработку. Следует также отметить хорошую лежкость данных культур, что позволяет продлить сезон переработки. Эти овощи являются ценными диетическими и лечебными продуктами, содержащими наряду с углеводами витамины группы В, РР, С, Е, К, бета-каротин (провитамин А); минеральные вещества: калий, железо, фосфор, магний, кобальт, медь, йод, цинк и др., которые благотворно влияют на работу кроветворной системы; флавоноиды, являющиеся антиоксидантами растительного происхождения. В этой связи использование тыквы и моркови в качестве дополнительного или альтернативного витаминного, минерального сырья для производства паштетов является выгодным, оправданно с позиций биологической и физиологической ценности; может сыграть важную роль в решении проблемы дефицита витаминов, пищевых волокон, минеральных веществ.

Предварительная термическая обработка (ПТО) полуфабриката позволяет повысить вкусовые свойства и пищевую ценность консервов, в этой связи изучалась возможность использования при производстве полуфабриката рыбы следующих способов обработки: бланширование паром или водой, холодное копчение, обжаривание.

Уровень качества консервов, в зависимости от вида предварительной термической обработки, представлен на рисунке 1.

Наивысший уровень качества был выявлен в опытных образцах консервов из бланшированного полуфабриката и полуфабриката холодного копчения [2].

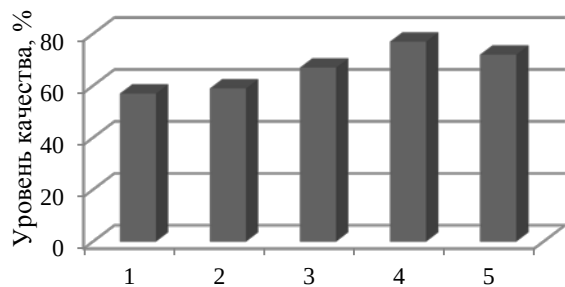


Рисунок 1. Изменение уровня качества паштетов из сайки в зависимости от вида ПТО: 1 - без ПТО; 2 - обжаривание, 3 - бланширование паром; 4 - бланширование в воде; 5 - холодное копчение.

При производстве пищевых продуктов, подвергающихся стерилизации, использование рыбного сырья без добавления структурообразователей приводит к термической денатурации белка с образованием водного отстоя. Для улучшения структуры консервов было изучено влияние таких структурообразователей, как пассерованная мука, сухое молоко, лецитин, камедь, майонез.

На рисунке 2 представлено изменение уровня качества паштетов в зависимости от вида добавляемого стабилизатора.

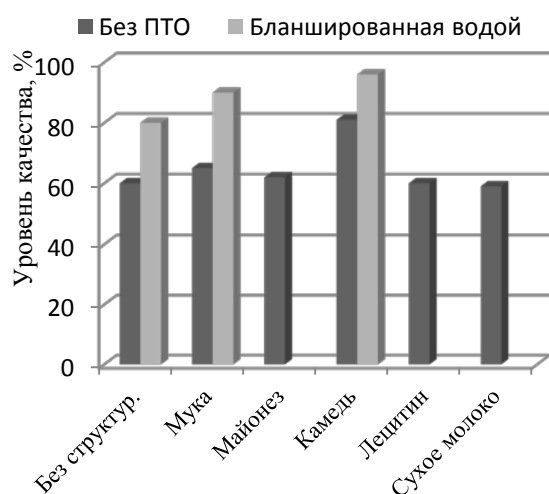


Рисунок 2. Изменение уровня качества паштетов в зависимости от вида структурообразователя

Установлено, что бланширование рыбы и введение в рецептуру камеди наиболее оправданно: улучшался внешний вид консервов (отсутствовало расслоение), консистенция паштетной массы становилась однородной, нежной и сочной [3].

С целью оптимизации рецептур паштетов с добавлением тыквы из бланшированного сырья были разработаны композиционные

планы экспериментов [1] для разных видов рыб. В качестве влияющих факторов были выбраны дозировки тыквы, интервал варьирования от 85 до 145 г (X_1), и камеди, интервал варьирования от 0 до 3 г (X_2). Функцией отклика являлась обобщенная численная характеристика качества ($Y_{\text{обобщ.}}$), включающая балльную органолептическую оценку качества паштетов после стерилизации и вододерживающую способность фарша.

Реализация плана эксперимента и обработка полученных данных позволила получить следующее уравнение регрессии:

$$y = 0,21 + 1,52 \cdot x_1 + 0,85 \cdot x_2^2 + 6104,58 - 21691,21 x_2^2 \quad (1)$$

На основании проведенных исследований были разработаны рецептуры паштетных смесей, в состав которой входили бланшированная рыба, ингредиенты растительного происхождения – тыква или морковь и лук. В разработанных рецептурах паштетов содержание основного компонента (рыбы) варьировало в пределах в пределах от 50 до 52 %. В целях обогащения паштета витамином Е, являющимся природным антиоксидантом, в рецептуру вводили до 8 % подсолнечного масла.

Основным процессом производства консервов является стерилизация. Создание новых технологий консервов потребовало провести разработку научно-обоснованных режимов стерилизации.

Оптимальные режимы стерилизации консервов устанавливали, учитывая теплопроводность продукта, активную кислотность (рН), степень обсемененности до стерилизации, размер тары, а также степень готовности продукции.

Подбор режима стерилизации осуществляли путём варьирования длительности стадии стерилизации от 40 до 55 мин при постоянной температуре – 120 °С. В качестве определяющего показателя при оптимизации использовали значение величины фактической летальности F , которое должно быть выше нормативной F_n (рисунок 3).

На основании проведенных работ научно обоснованы и утверждены в установленном порядке режимы стерилизации консервов «Паштет из сайки (путассу, сайды) с овощами (тыквенный, морковный)» в банке.

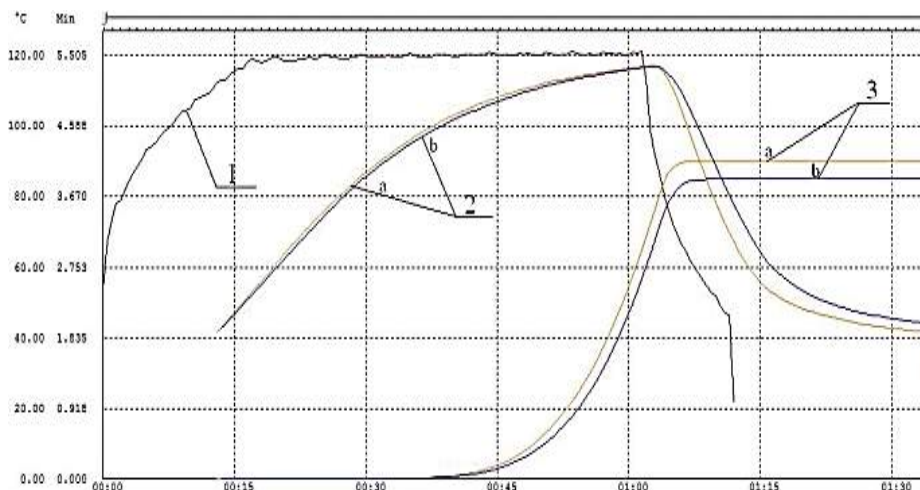


Рисунок 3. Изменение температуры продукта и греющей среды при стерилизации консервов: 1- в автоклаве; 2 (a, b)– в банках; 3 (a, b) – фактический стерилизующий эффект консервов.

По разработанной технологии были изготовлены консервы данной группы из сайки, сайды, путассу. Микробиологический анализ консервов подтвердил их промышленную стерильность, в продукции отсутствовали патогенные и токсигенные микроорганизмы, а также возбудители порчи консервов: термофильные и мезофильные газообразующие бациллы и клостридии.

Консервы на рабочей дегустации ФГБОУ ВПО «МГТУ» получили положительную оценку. По результатам дегустационной оценки по балльной шкале, разработанной авторами [2], все образцы паштетов имели высокие органолептические показатели.

Анализ химического состава показал, что содержание белка в паштетах из бланширо-

ванной рыбы с овощами находится в пределах от 8,3 до 10,2 %, жира от 11,4 до 13,3 %, тем самым 100 г продукта удовлетворяют суточную потребность человека в белках от 18 до 22 % и в жире от 20 до 23 % [3].

Энергетическая ценность паштетов составляет 136-181 ккал, вследствие чего данные продукты можно отнести к среднекалорийным, что позволяет рекомендовать использовать этот вид продукции в питании населения без каких-либо ограничений.

На рисунке 4 представлено содержание незаменимых аминокислот в белках консервов «Паштет из сайки с овощами (тыквенный)» в сравнении с «идеальным белком» [4].

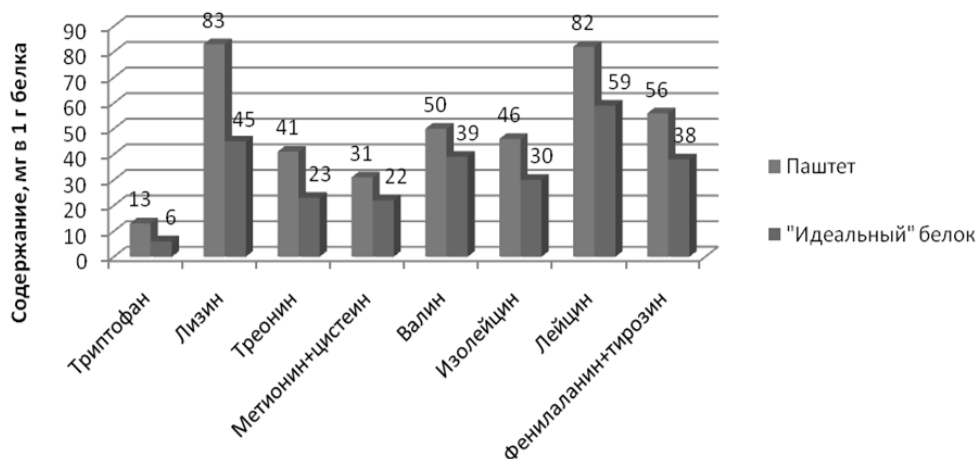


Рисунок 4. Содержания незаменимых аминокислот в консервах «Паштет из сайки с овощами (тыквенный)»

Исследованные образцы характеризуются полным набором белковых аминокислот, в том числе сумма незаменимых составляет 33,6 г на 100 г белка, при этом лимитирующие аминокислоты отсутствуют. В паштетах в максимальном количестве присутствуют трипто-

фан, лизин и треонин. Белок исследованного продукта достаточно хорошо сбалансирован по сравнению с эталонным белком, что подтверждается высоким значением коэффициента рациональности ($R_c = 0,91$).

Важным компонентом пищи являются липиды, роль которых в физиологии человека значительна из-за наличия жирных высококонцентрированных кислот и жирорастворимых витаминов, существенным является соблюдение в рационах соотношения между количеством полиненасыщенных и насыщенных жирных кислот.

Жирнокислотный состав исследуемых консервов имеет ненасыщенный характер, сумма ненасыщенных жирных кислот (ННЖК) составляет 83-87 %, содержание омега-3 жирных кислот составляет около 2 %.

Рекомендованная дневная норма потребления жира и жирных кислот для мужчин, женщин и детей составлена из необходимого количества энергии в 3000, 2400 и 1500 ккал/день [4]. Расчёт энергетической обеспеченности при потреблении консервов-паштетов из сайки с добавлением тыквы представлен в таблице 2.

Отсутствие углеводов в сайке частично компенсируется при создании комбинированных рыбных продуктов их наличием в тыкве. В исследуемом продукте содержание клетчатки составило около 2 %.

ЛИТЕРАТУРА

1 Адлер Ю. П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.

2 Николаенко О.А., Петрова И.Б., Куранова Л.К., Перетрухина А.Т. Разработка технологии консервов из рыб семейства тресковых // Вестник МГТУ. 2012. Т. 15. № 1. С. 58-61.

3 Ефремова А.А., Николаенко О.А., Куранова Л.К. Разработка новых технологий консервов-паштетов из рыбы, обогащённых растительным сырьём // Ежегодная Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых и специалистов институтов Отделения «Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Россельхозакадемии, посвященная 100-летию со дня рождения А.Ф. Намесникова. Москва, 2012. С. 93-96.

4 Ефремова А.А., Николаенко О.А., Куранова Л.К. Оценка пищевой и биологической ценности рыборастворимых консервов-паштетов из сайки // Рыбное хозяйство. 2013. № 2. С. 119 - 121.

5 WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Fats and fatty acids in human nutrition. Geneva: World Health Organ Tech Rep Ser., 2010. 169 p.

Энергетическая обеспеченность при потреблении 100 г консервов-паштетов из сайки за счёт жирнокислотной составляющей

Жирные кислоты	Обеспечение дневной нормы, %		
	мужчины	женщины	дети
Общий жир	16	20	26
НЖК	5	6,5	13
МНЖК	26	32	33
ПНЖК	21	24	30

Органолептические, физико-химические, биохимические, микробиологические испытания показали, что консервы-паштеты из тресковых видов рыб с овощами, соответствуют всем требованиям безопасности и характеризуются, наряду с отличными потребительскими свойствами, высокой пищевой ценностью.

На основании результатов проведённого комплекса исследований разработана техническая документация по выпуску консервов-паштетов с овощами из тресковых видов рыб.

REFERENCES

1 Adler Iu.P., Markova E.V., Granovskii Iu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii [Planning an experiment in finding the optimal conditions]. Moscow, Nauka, 1976. 280 p. (In Russ.).

2 Nikolaenko O.A., Petrova I.B., Kuranova L.K. Peretruxhina A.T. Development of technology of canned fish of the cod family. Vestnik MGTU. [Bulletin of MSTU], 2012, vol. 15, no. 1, pp 58-61. (In Russ.).

3 Efremova A.A., Nikolaenko O.A., Kuranova L.K. Development of new technologies, canned fish pate, enriched vegetable raw materials. Ezhegodnaia Vserossiiskaia nauchnoi-prakticheskaia konferentsiia molodykh uchenykh I spetsialistov institutov Otdeleniia «Khreneniia I pererabotki sel'skokhoziaistvennoi produktsii» Rossel'khozakademii. [Russian scientific-practical conference of young scientists and specialists of department institutions "Storage and processing of agricultural products" RAAS], Moscow, 2012. pp 93-96. (In Russ.).

4 Efremova A.A., Nikolaenko O.A., Kuranova L.K. Evaluation of food and biological value for fish-canned pate loaves. Rybnoe khoziaistvo. [Fish industry], 2013, no. 2, pp. 119-121. (In Russ.).

5 WHO/FAO/UNU Expert Consultation. Fats and fatty acids in human nutrition. Geneva: World Health Organ Tech Rep Ser., 2010. 169 p. (In Russ.).

УДК 597.554

Доцент О.П. Дворянинова, доцент А.В. Соколов,
доцент М.Е. Успенская

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.
тел. (473) 255-37-51

E-mail: sokol993@yandex.ru

Associate Professor O.P. Dvoryaninova,

Associate Professor A.V. Sokolov, Associate Professor M.E. Uspenskaya
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of animal origin products
technology, tel.: (473) 255-37-51

E-mail: sokol993@yandex.ru

Исследование возможности получения сухих основ из малоценных продуктов переработки рыб

Investigation of the possibility of obtaining dry bases from processed fish products of little value

Реферат. Конкурентные преимущества данного направления исследований заключаются в обосновании мероприятий и предложений по техническому оснащению производства сухой рыбной основы из мясо-костного остатка прудовых рыб, что позволит выпускать пищевые продукты быстрого приготовления высокого качества и биологической ценности (бульоны, супы, соусы), расширить ассортимент с учетом рыночного спроса, внедрить новые формы пищи, удобные в хранении и использовании в домашних и походных условиях, а также для специального питания. Первые блюда на сухом рыбном бульоне являются легкоусвояемыми, с высоким содержанием микро- и макроэлементов, по количеству которых они превосходят мясные бульоны. Другим их преимуществом является содержание полиненасыщенных жирных кислот, нейтрализующих негативное воздействие веществ, разрушающих сухожилия, связки и хрящи в организме человека, тем самым устраняя боли в суставах, что особенно важно для детерминированных групп населения, например, военнослужащих, спортсменов и др. Дополнительно, данная технология включает щадящие режимы обработки сырья, максимально сохраняя тем самым нативные свойства полезных веществ (белок, жир). Для производства сухих рыбных основ были проведены исследования по подбору оптимального соотношения голов и костей, обеспечивающих высокие органолептические показатели бульонов на их основе. Установлены условия и параметры конвективной сушки малоценных продуктов разделки толстолобика и трески. Результаты позволяют сделать предварительный вывод о возможности создания новой технологии порошкообразных продуктов для быстрого приготовления бульонов. Немаловажное значение разработанная технология имеет в создании безотходных и малоотходных производств на предприятиях рыбохозяйственного комплекса РФ.

Summary. Competitive advantages of this direction of researches are in justification of actions and offers on a technical provision of production of a dry fish basis from meat- and bone residue of pond fishes that will allow to produce fast foods of high quality and biological value (broths, soups, sauces), to expand the assortment taking into account market demand, to introduce the new forms of food convenient in storage and use at home and outside as well as for special food. The first courses on dry fish broth are easily digestible, with the high contents of micro and macro elements in the quantity of them they surpass meat broths. Their other advantage is the content of the polyunsaturated fatty acids neutralizing negative impact of substances, destroying tendons, ligaments and cartilage in the human body, thereby eliminating joint pains that is especially important for the determined groups of the population, for example, the military personnel, sportsmen, etc. In addition, this technology includes sparing modes of processing of raw materials, keeping thereby native properties of useful substances (protein, fat) as much as possible. Researches on selection of an optimum ratio of the heads and the bones providing high organoleptic rates of broths on their basis were carried out to produce dry fish bases. Conditions and parameters of convective drying of little value products of cutting of silver carp and cod are determined. The results allow to draw a preliminary conclusion on the possibility of creation a new technology of powdery products for broths fast preparation. The developed technology is of great importance in the creation of waste-free and low-waste production at the enterprises of fishery industry of the Russian Federation.

Ключевые слова: биоресурсы, органолептические показатели, рациональное использование, малоценные продукты, сухие основы, прудовые и морские рыбы, бульоны.

Keywords: bioresources, organoleptic indicators, rational use, products of little value, dry bases, pond and sea fishes, broths.

© Дворянинова О.П., Соколов А.В., Успенская М.Е., 2014

Наличие ценных и функциональных биополимеров, минеральный и витаминный составы побочных продуктов рыбоперерабатывающего производства привлекает ученых на протяжении длительного времени. Уровень развития химии пищи, и рост объемов производства рыбпродуктов явилось новым толчком в развитии данного направления. Особую остроту проблеме придает необходимость обеспечения безопасного производства за счет глубокой переработки всех имеющихся источников рыбосырья [2, 3].

Наибольшую популярность в настоящее время приобретают продукты с длительным сроком хранения и удобные в использовании, например, быстрого приготовления. Интерес к таким продуктам очевиден, исключительными возможностями обладают порошкообразные продукты (основы).

Для производства сухих рыбных основ нами были проведены исследования по подбору оптимального соотношения голов и костей, обеспечивающих высокие органолептические показатели бульонов на их основе. Бульоны из замороженных малоценных продуктов разделки (МПР) толстолобика и трески готовили следующим образом: дефростированные на воздухе до температуры от 0 °С до минус 1 °С МПР толстолобика и трески, взятые, в соотношении указанном ниже, заливали холодной водой с гидромодулем 1 : 50 доводили до кипения, снимали пену и варили 20 минут при медленном кипении. Готовый бульон процеживали.

Образцы для дегустации готовили в следующем соотношении: голова 70 % - кости, плавники 30 % (образцы №1, №2); голова 50 % - кости, плавники 50 % (образцы №3, №4); голова 30 % - кости, плавники 70 % (образцы №5, №6). Образцы №1, №3, №5 приготовлены из МПР толстолобика, образцы №2, №4, №6 – из МПР трески. Сравнительные диаграммы органолептических показателей приготовленных бульонов представлены на рисунке 1.

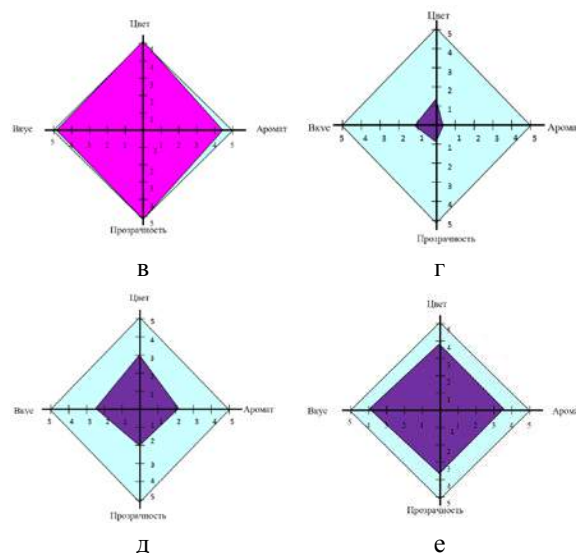
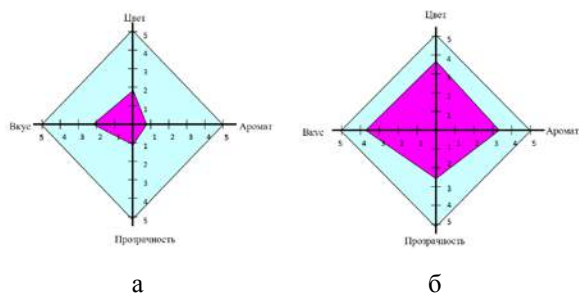


Рисунок 1. Сравнительные диаграммы органолептических показателей бульонов: а – образец № 2; б – образец № 4; в – образец № 6; г – образец № 1; д – образец № 3; е – образец № 5

На рисунке видно, что наиболее высокая органолептическая оценка соответствует бульону из МПР трески с соотношением: головы 30 %, кости, плавники 70 % и бульону из МПР толстолобика с таким же соотношением.

При дегустации бульонов из МПР трески и толстолобика, выявили, что представленные бульоны из МПР толстолобика с содержанием 30 % голов, 70 % костей и плавников, наблюдалась небольшая мутность и легкая горечь, а в бульоне из аналогичного соотношения продуктов разделки трески, недостаточный аромат и слабонасыщенный вкус (образцы №5, №6). При других соотношениях малоценных продуктов органолептические показатели ухудшались. Вследствие этого нами предложено смешивание МПР толстолобика с содержанием 30 % голов, 70 % костей и плавников (образец №5) с МПР трески (образец №6) с таким же соотношением, так как отмечены наилучшие органолептические показатели. Смешивание проводили в следующих соотношениях: 50 % МПР толстолобика, 50 % МПР трески (образец №7); 70 % МПР толстолобика, 30 % МПР трески (образец №8); 30 % МПР толстолобика, 70 % МПР трески (образец №9). После проведенной дегустации приготовленных бульонов выяснили, что наилучшими органолептическими характеристиками обладает образец с содержанием 30 % МПР толстолобика и 70 % МПР трески (образец №9). Сравнительные диаграммы органолептических показателей приготовленных бульонов представлены на рисунке 2.

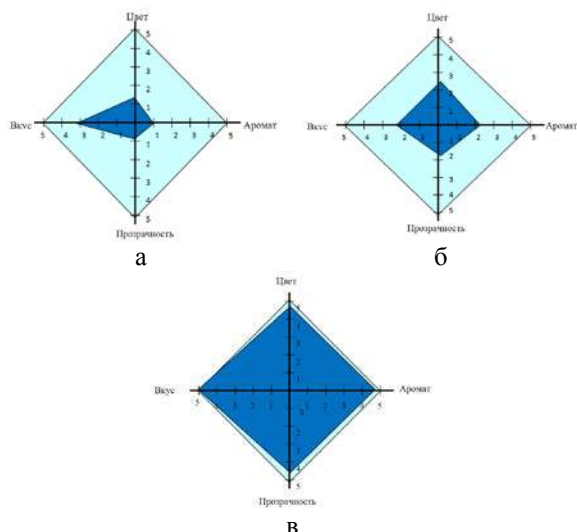


Рисунок 2. Сравнительные диаграммы органолептических показателей бульонов: а – образец №7; б – образец №8; в – образец №9

Следовательно, дальнейшим исследованиям подвергались образцы, полученные из МПР трески и толстолобика в соотношении головы 30 %, кости, плавники 70 % (образцы №5, №6) и их смесь в соотношении 30 % МПР толстолобика и 70 % МПР трески (образец №9).

После подбора сырьевой композиции использовали условия консервирования сушкой конвективной как наиболее распространенной для обработки пищевых систем в щадящих режимах [1, 4].

Сушке подвергали свежие, охлажденные и замороженные (подвергнутые дефростации на воздухе при температуре 10-15 °С) МПР трески и толстолобика с выбранным процентным соотношением составных частей, предварительно измельченных на прессе «УНИКОН-400». Измельченные МПР толстолобика после обработки на прессе представлены на рисунке 3.



Рисунок 3. Измельченные МПР толстолобика после обработки на прессе «УНИКОН-400»

Процесс конвективной сушки МПР рыб основывается на перемешивании продукта при помощи подогретого воздуха. Исходный продукт с помощью питателя подавали в сушилку,

где он увлекался осевым потоком теплоносителя, разгонялся и образовывал газовзвесь, которая закручивалась двумя тангенциальными потоками теплоносителя, поступающими через тангенциальные патрубки в сушильную камеру.

В сушильной камере продукт высушивался, фонтанируя в закрученном потоке теплоносителя. Осевая составляющая вектора скорости закрученного потока по высоте конического днища сушильной камеры падала, а скорость витания продукта по мере его высыхания уменьшалась. За счет этого продукт по мере высыхания фонтанировал в закрученном потоке теплоносителя и поднимался на большую высоту по оси сушильной камеры. Суммарный расход теплоносителя подбирался таким образом, что достигнув необходимой влажности, продукт удалялся из сушильной камеры, увлеченный отработанным потоком теплоносителя через выводное окно сушильной камеры [3, 5, 6].

Исследование процесса сушки МПР рыб, предварительно измельченных на прессе «УНИКОН-400», проводили при разных режимах: температура теплоносителя 25-30 °С, 35-40 °С, 55-60 °С; скорость потока воздуха 3 – 5 м/с; высота слоя продукта 10-15 см; конечная влажность продукта 8-10 %.

Процесс сушки считали завершенным по достижению равновесной концентрации влаги в продукте. Для определения продолжительности сушки и конечной влажности продукта через равные промежутки времени отбирали образцы, в которых экспериментально определяли содержание влаги. Результаты изменения влажности в процессе сушки представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Зависимость массовой доли влаги от продолжительности конвективной сушки МПР рыб при различной температуре теплоносителя

Пробы №	Продолжительность сушки, мин	Масса отобранной пробы, г	Массовая доля влаги МПР толстолобика, %	Массовая доля влаги МПР трески, %
1	2	3	4	5
Сушка при температуре теплоносителя 25 – 30 °С				
1	0,0	5,0	47,2	66,8
2	10,0	5,0	42,7	60,5
3	20,0	5,0	38,2	54,2
4	30,0	5,0	33,8	48,0
5	40,0	5,0	29,8	43,1
6	60,0	5,0	26,2	37,2
7	90,0	5,0	22,7	32,1
8	100,0	5,0	19,5	26,5
9	110,0	5,0	16,4	22,4

Продолжение таб. 1

1	2	3	4	5
10	120,0	5,0	13,6	17,2
11	130,0	5,0	11,4	13,4
12	140,0	5,0	9,4	9,9
13	150,0	5,0	8,2	7,0
14	160,0	5,0	7,0	7,0
Сушка при температуре теплоносителя 35 – 40 °С				
1	0,0	5,0	47,2	66,8
2	10,0	5,0	35,2	54,0
3	20,0	5,0	24,3	36,2
4	30,0	5,0	15,6	18,2
5	40,0	5,0	11,8	9,8
6	50,0	5,0	9,1	9,1
7	60,0	5,0	9,0	8,0
8	90,0	5,0	8,0	8,0
9	100,0	5,0	8,0	8,0
Сушка при температуре теплоносителя 55 – 60 °С				
1	0,0	5,0	47,2	66,8
2	10,0	5,0	26,2	51,9
3	20,0	5,0	16,4	42,1
4	30,0	5,0	9,8	28,6
5	40,0	5,0	7,2	12,1
6	50,0	5,0	7,0	9,6
7	60,0	5,0	7,0	8,5
8	70,0	5,0	6,5	7,0
9	80,0	5,0	6,5	7,0

Зависимость изменения влажности МПР рыб от продолжительности сушки при различных температурах теплоносителя представлена графически на рисунках 4, 5.

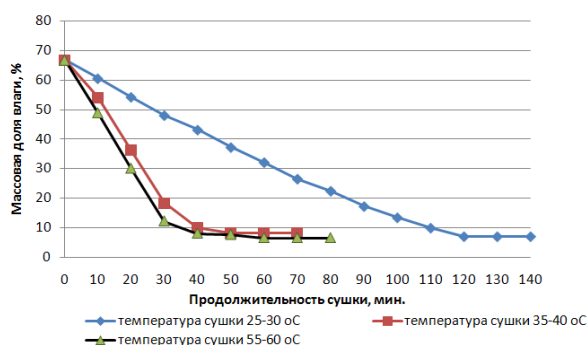


Рисунок 4. Кривые конвективной сушки на примере МПР толстолобика

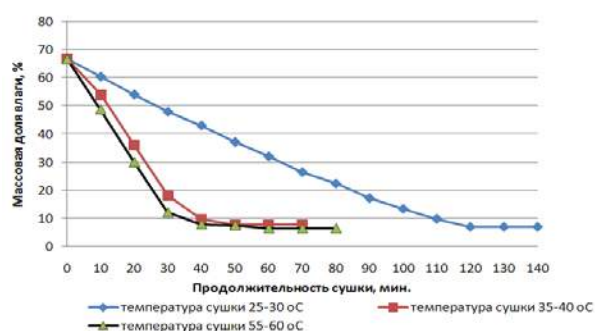


Рисунок 5. Кривые конвективной сушки на примере МПР трески

Из анализа кривых сушки рыбомысокоостного остатка, следует что имеют место три периода: прогрев, убывающая и постоянная скорость сушки.

На первом этапе происходит нагрев наружных слоев и испарение влаги с поверхности продукта. Температура поверхностного слоя возрастает, в толще продукта возникает температурный градиент, который уменьшается к центру. Под действием градиента влага в жидком виде начинает перемещаться к поверхности продукта. Второй этап, соответствующий периоду постоянной скорости сушки, характеризуется удалением связанной влаги. В этот период вся теплота, подводимая к продукту, затрачивается на интенсивное поверхностное испарение влаги, а температура продукта остается постоянной. Третий этап сушки характеризуется достижением конечной влажности, скорость сушки замедляется [2, 5].

Нами установлены оптимальные параметры режима конвективной сушки: скорость потока воздуха 3-5 м/с; высота слоя продукта 10-15 см; конечная влажность продукта 8 % и температура теплоносителя 35-40 оС.

При сушке МПР рыб с технологическими параметрами: скорость потока воздуха 3-5 м/с; высота слоя продукта 10-15 см; конечная влажность продукта 8 % и температурой теплоносителя 25-30 оС на выходе получили продукт с высокими показателями качества, но продолжительность сушки составила 150 минут для МПР трески и 160 мин для МПР толстолобика, что ведет к увеличению энергозатрат.

При сушке МПР рыб с теми же технологическими параметрами и температурой теплоносителя 55-60 оС на выходе получили продукт с низкими показателями качества.

На основе экспериментальных исследований и анализа результатов нами сделан вывод, что продолжительность сушки сырья из толстолобика составляет 90 мин, а продолжительность сушки сырья из трески составляет 60 мин, при температуре теплоносителя 35-40 оС и конечной влажности продуктов 8,0 %.

Продолжительность сушки МПР трески на 30 мин меньше, что связано с низким содержанием жира в сырье [1, 2, 3].

Таким образом, результаты позволяют сделать предварительный вывод о возможности создания новой технологии порошкообразных продуктов для быстрого приготовления бульонов. Данный продукт удобен в использовании и при хранении, занимает небольшие объемы, а также имеет не большую массу и увеличенную

продолжительность хранения. Все это делает ее привлекательной для крупных производств, так как возможна закупка больших партий сухой основы продолжительного хранения.

Дополнительно, сухая рыбная основа может быть включена в рецептуры рыбных паст и паштетов как витаминно-минеральная и белковая добавка, с помощью которой можно обогатить пасты и паштеты недостающими

микроэлементами, витаминами и белками. Также внесение сухой основы повысит влагоудерживающую способность продуктов и улучшит их консистенцию.

Применение сухой рыбной основы целесообразно использовать и в сфере производства кормов для животных, так как количество коллагена в ней велико, вследствие чего она может служить его источником при внесении в корма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антипова Л. В., Дворянинова О.П., Воронцова Ю.Н. Сухая основа из малоценных продуктов разделки прудовых рыб для приготовления первых блюд // Известия вузов. Пищевая технология. 2012. № 2-3. С. 76-79.

2 Антипова Л. В., Воронцова Ю.Н., Баранов А.Ю., Буданцев Е.В. Сушка малоценных продуктов разделки рыб при производстве сухих основ для бульонов, супов и соусов быстрого приготовления // Вестник ВГУИТ. 2012. №3. С. 12-16.

3 Дворянинова О.П., Антипова Л.В. Аквакультурные биоресурсы: научные основы и инновационные решения: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2012. 420 с.

4 Демина А. Н., Соколов А.В. Перспективы использования побочных продуктов убоя кроликов для получения мясокостной муки // Успехи современного естествознания. 2012. № 6. С. 132.

5 Пат. №2501490 RU, МПК A23L1/326. Способ получения сухой основы для бульонов, супов и соусов быстрого приготовления из малоценных продуктов разделки прудовых рыб / Антипова Л.В., Дворянинова О.П., Данылиев М.М. и др. №2011129289/13, Заявл. 15.07.2011; Опубл. 20.12.2013, Бюл. №35. 7 с.

6 Антипова Л.В., Дворянинова О.П., Василенко О.А. и др. Рыбоводство. Основы разведения, вылова и переработки рыб в искусственных водоемах: учеб. пособие. СПб.: ГИОРД, 2009. 472 с.

REFERENCES

1 Antipova L. V., Dvorianinova O.P., Vorontsova Iu.N. A dry basis from invaluable products of cutting of pond fishes for preparation of first courses. Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiya. [News of higher education institutions. Food technology], 2012, no. 2-3, pp. 76-79. (In Russ.).

2 Antipova L. V., Vorontsova Iu.N., Baranov A.Iu., Budantsev E.V. Drying of invaluable products of cutting of fishes by production of dry bases for broths, soups and sauces of fast preparation. Vestnik VGUIT. [Bulletin of VSUET], 2012. no. 3, pp. 12-16. (In Russ.).

3 Dvorianinova O.P., Antipova L.V. Akvakul'turnye bioresursy: nauchnye osnovy I innovatsionnye resheniia. Voronezh, VGUIT, 2012. 420 p. (In Russ.).

4 Demina A. N., Sokolov A.V. Prospect of use of by-products of slaughter of rabbits for receiving a meat and bone flour. Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia. [Achievements of modern natural sciences], 2012, no. 6, pp. 132. (In Russ.).

5 Antipova L.V., Dvorianinova O.P., Danyliv M.M. et al. Sposob polucheniia sukhoi osnovy dlia bul'onov, supov i sousov bystrogo prigotovleniia iz malotsennykh produktovrazdelki prudovykh ryb [Way of receiving a dry basis for broths, soups and sauces of fast preparation from invaluable products of cutting of pond fishes]. Patent RF, no. 2501490, 2013. (In Russ.).

6 Antipova L.V., Dvorianinova O.P., Vasilenko O.A. et al. Rybovodstvo. Osnovy razvedeniia, vylova i pererabotki ryb v iskusstvennykh vodoemakh [Fish breeding. Bases of cultivation, catch and processing of fishes in artificial reservoirs]. Sent-Petersburg, GIORД, 2009. 472 p. (In Russ.).

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

УДК 543.635.22

Профессор Я.И. Коренман

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.
тел. (473)255-07-62

E-mail: moksнад@mail.ru

доцент Н.Я. Мокшина

(ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А.Гагарина») кафедра физики и химии

E-mail: moksнад@mail.ru

преподаватель А.А. Бычкова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) факультет среднего профессионального образования.
тел. (473)255-07-62

E-mail: rusalka_anna@mail.ru

Professor Ia.I. Korenman

(Voronezh state university of engineering technology) Department of physical and analytical
chemistry. phone (473) 255-07-62

E-mail: moksнад@mail.ru

associate Professor N.Ia. Mokshina

(VUNTS Air Force "Air force academy named after professor Zhukovsky and Iuri Gagarin")
Department of physics and chemistry

E-mail: moksнад@mail.ru

lecturer A.A. Bychkova

(Voronezh state university of engineering technology) Faculty of secondary vocational education.
phone (473)255-07-62

E-mail: rusalka_anna@mail.ru

Физико-химическое определение углеводов в пищевых продуктах и напитках

Physico-chemical determination of carbohydrates in the foods and beverages

Реферат. Изучена экстракция фруктозы, глюкозы, галактозы, сахарозы и лактозы из водно-солевых растворов гидрофильными растворителями (алифатические спирты, алкилацетаты, кетоны), их двойными и тройными смесями. В идентичных условиях установлены количественные характеристики экстракции. Установлено, что из изученных углеводов наиболее полно извлекаются дисахариды лактоза и сахароза. Оптимизированы условия для концентрирования и практически полного извлечения углеводов из водно-солевых растворов. Разработана методика экстракционно-потенциометрического селективного определения углеводов в пищевых продуктах и напитках. В качестве титранта применяли изопропанольный раствор борной кислоты. Разработанная методика позволяет разделять моно- или дисахариды в молочных продуктах, в составе которых содержится 5 или менее углеводов. Предложен комплекс фотоколориметрических, поляриметрических, хроматографических и потенциометрических способов определения углеводов в водных средах и пищевых продуктах (диабетические кондитерские изделия, натуральные соки, кисломолочные продукты, мед). Для определения фруктозы, глюкозы и сахарозы в натуральных соках нами применены оптические методы (фотоэлектроколориметрия, поляриметрия). Методика экспрессна, не требует дорогостоящего оборудования и реагентов. Фруктозу и сахарозу в диабетических кондитерских изделиях определяли методом восходящей тонкослойной хроматографии. Проанализированы некоторые диабетические продукты на основе фруктозы, произведенных на кондитерских фабриках РФ. Продолжительность анализа 50-60 мин, погрешность селективного определения в пределах 5-7 %. Экстракты из меда и молока анализировали потенциометрически. Разработанная нами методика характеризуется следующими преимуществами по сравнению с ГОСТом: экспрессность (продолжительность анализа 30-35 мин), точность (относительная погрешность в пределах 5 %), не требуется дорогостоящего оборудования и реактивов, а также разбавления и фильтрации молока на стадии пробоотбора.

© Коренман Я.И., Мокшина Н.Я., Бычкова А.А., 2014

Summary. The extraction of fructose, glucose, galactose, sucrose and lactose from aqueous salt solutions, hydrophilic solvents (aliphatic alcohols, alkyl acetates, ketones) of double and triple mixtures has been studied. Under identical conditions set quantitative characteristics extraction has been established. It was found that from the all studied carbohydrates most fully extracted disaccharides lactose and sucrose. The conditions of concentration and almost complete recovery of carbohydrates from aqueous salt solutions has been optimized. The technique of extraction-potentiometric selective determination of carbohydrates in foods and beverages has been developed. As a titrant was used isopropanol solution of boric acid. The developed method allows to determine separately the mono- or disaccharides in milk, which include those contained 5 or less carbohydrates. The complex of photocolometric, polarimetric, potentiometric and chromatographic methods for determining carbohydrates in aqueous media and food (diabetic confectionery, juices, dairy products, honey) was proposed. To determine the fructose, glucose and sucrose in natural juices we used optical methods (photoelectrocolorimeters, polarimetry). Method is express, does not require expensive equipment and reagents. Fructose and sucrose in diabetic confectionery was determined by ascending thin layer chromatography. Some diabetic products based on fructose, produced by Russian confectionery factories have been analyzed. Duration analysis, 50-60 minutes, selective determination of error within 5-7%. Extracts from honey and milk were analyzed potentiometrically. We have developed a technique characterized by the following advantages compared with state standards: rapidity (analysis time 30-35 min), accuracy (relative error within 5 %), does not require expensive equipment and reagents, as well as dilution and filtration of milk stage sampling.

Ключевые слова: углеводы, экстракция, хроматография, фотоколориметрия, потенциометрия.

Keywords: carbohydrates, extraction, chromatography, photocolorimeter, potentiometry.

Углеводы составляют примерно 3/4 объёмов биологического мира, встречаются в свободной или связанной форме в любой растительной, животной или бактериальной клетке [1]. Наиболее распространенные углеводы (глюкоза, галактоза, фруктоза, сахароза, лактоза) (таблица 1) содержатся во многих плодах и ягодах, составляют основную часть пчелиного меда (их общее содержание в меде достигает 80 %). При этом на долю глюкозы и фруктозы приходится 80–90 % от всех сахаридов в меде, сахарозы – до 5 % [2].

Из моносахаридов для пищевой и фармацевтической промышленности наибольшее значение имеют альдозы (глюкоза, галактоза), из кетоз – фруктоза [3].

Среди невосстанавливающих дисахаридов особенно широко известна сахароза – важнейший гликозид для пищевой промышленности, в частности, широко применяется при выработке хлебопекарных и кондитерских изделий, а также как пищевая добавка к корму скоту, в бродильной промышленности – для производства алкогольной продукции методом ферментации.

Восстанавливающий дисахарид лактоза (молочный сахар), обеспечивающая питательную ценность молока, является незаменимым компонентом для питания новорожденных, исходным веществом в процессе брожения при получении кисломолочных продуктов. В пищевой промышленности лактоза применяется как частичный заменитель сахара в производстве печенья, хлебобулочных изделий, диетических продуктов [4]. Содержание лактозы в молочных продуктах различно (таблица 2) и колеблется в интервале от 0,8-1,9 (в разных

сортах масла) до 6,2-7,0 (в молоке различного производства). Наибольшим содержанием лактозы характеризуются сгущенное и сухое молоко; минимальным – твердые сорта сыров, сливочное мало и натуральный творог [5].

Цель данного исследования состоит в разработке комплекса методик селективного определения фруктозы, глюкозы, галактозы, сахарозы и лактозы в пищевых продуктах и напитках, включающих экстракцию углеводов из углеводсодержащих водных вытяжек и последующего анализа экстракта физико-химическими методами (рисунок 1).

Нами изучено извлечение углеводов из водных растворов растворителями разных классов. В качестве экстрагентов применяли полностью (этиловый, н.пропиловый, изопропиловый) или частично (н.бутиловый, изобутиловый, н.пентиловый, изопентиловый) растворимые в воде спирты, 1,2-диоксан, алкилацетаты (этилацетат, бутилацетат, пентилацетат), кетоны (ацетон, бутанон) и также не смешивающиеся с водой растворители – н.гексиловый и н.октиловый спирты; гексан, октан, nonан, хлороформ.

В идентичных условиях установлены коэффициенты распределения (D), рассчитана степень извлечения (R , %). Предварительно исследовано влияние характера и концентрации высаливателя, а также pH водного раствора на величину D [6].

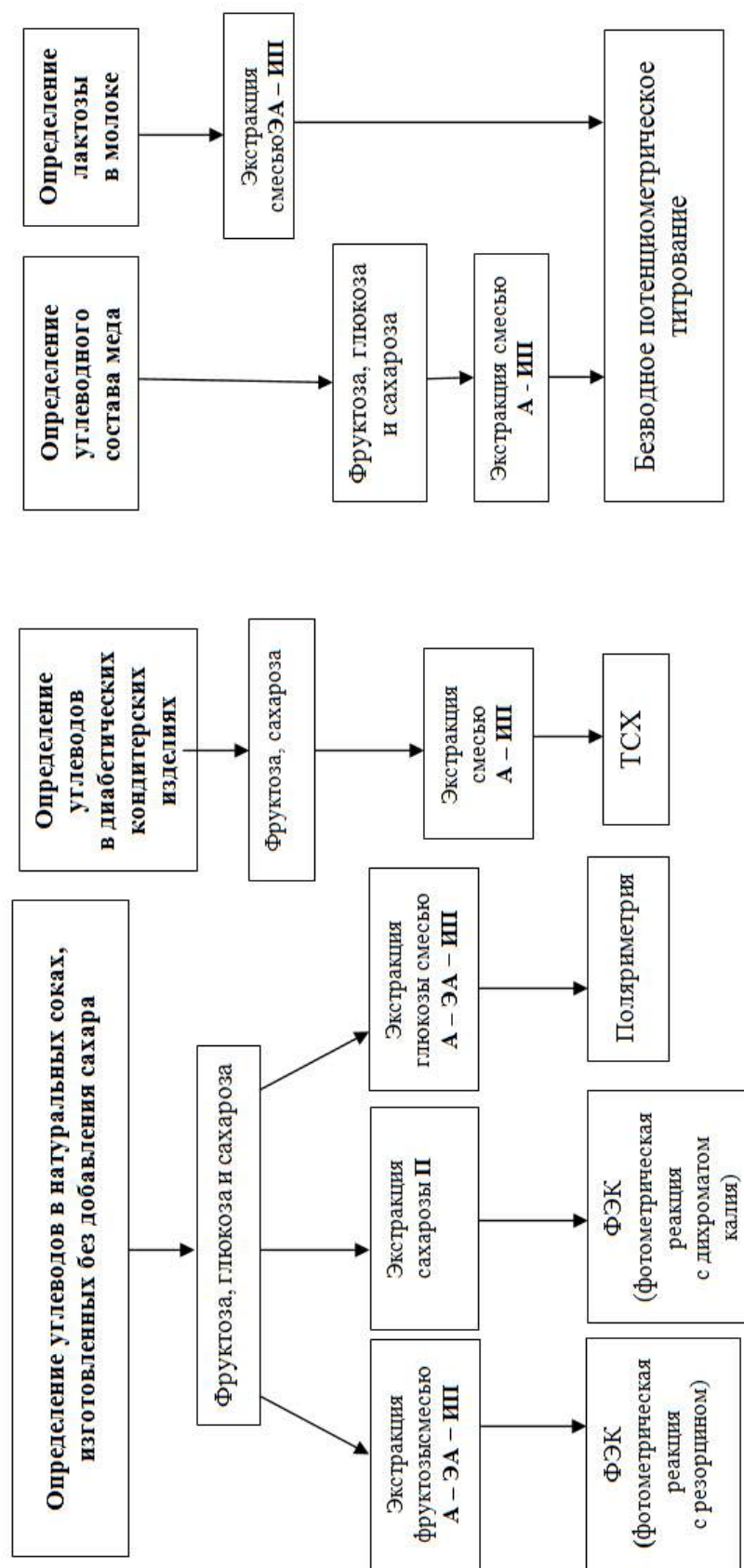


Рисунок 1. Комплексная схема определения углеводов
А – ацетон, ЭА – этилацетат, ИП – изопропиловый спирт, П – пропиловый спирт.

Из изученных углеводов наиболее полно извлекаются дисахариды лактоза и сахароза; при экстракции н.пропиловым спиртом степень извлечения достигает 80,8 и 71,4 % соответственно, что объясняется повышенным содержанием спиртовых групп в молекуле дисахарида по сравнению с моносахаридом. Более высокие количественные характеристики лактозы объясняются отношением лактозы к группе дисахаридов, образованных по типу трегалозы, т.е. возможностью перехода в более активную ациклическую форму. Наименьшие коэффициенты распределения установлены для моносахарида галактозы, спиртовые группы которой, вследствие своего пространственного расположения, затрудняют образование гидрато-сольватных комплексов с экстрагентом.

Спирты относятся к ассоциированным растворителям, однако при введении в систему спирт – вода дополнительного растворителя, например, этилацетата происходит ослабление межмолекулярных водородных связей, образующихся при ассоциации спирта, что усиливает сольватацию моно- и дисахаридов.

Изучено распределение фруктозы, глюкозы, галактозы, сахарозы и лактозы в системе этилацетат (ацетон) – алифатический спирт – сульфат аммония – вода. Предположение о влиянии первого компонента бинарной смеси на самоассоциацию спиртов подтверждается данными об экстракции смесями ацетон – спирт. Наибольшие коэффициенты D достигаются при экстракции смесями этилацетат – изопропиловый спирт и ацетон – изопропиловый спирт, минимальные – при экстракции смесью этилацетат – н.бутиловый спирт.

Применение трехкомпонентных смесей растворителей значительно повышает экстракционные характеристики моносахаридов. Добавление к активным компонентам смеси (спирт, эфир) ацетона значительно повышает коэффициенты распределения фруктозы, глюкозы и галактозы.

На основании установленных нами закономерностей экстракции [7, 8] разработаны эффективные экстракционные системы для извлечения углевода или группы углеводов с целью их определения в пищевых продуктах и напитках с применением фотометрии, хроматографии и потенциометрии.

Содержание глюкозы и фруктозы в фруктовых, овощных соках, нектарах и сокосодержащих напитках определяют фотометрически по реакции с фосфорилирующим комплексом ферментов согласно ГОСТ Р 51240–98 «Соки фруктовые и овощные. Метод определения D-глюкозы и D-фруктозы». Продолжительность фотометрического анализа с предварительной ферментативной обработкой составляет

50-80 мин при содержании глюкозы или фруктозы в анализируемом напитке 0,1-1,0 г/дм³.

Традиционный метод определения массовой доли сахарозы в сокосодержащих напитках основан на реакции ферментативного гидролиза и последующего анализа продуктов реакции фотометрическим методом (ГОСТ Р 51938–2002 «Соки фруктовые и овощные. Метод определения сахарозы»).

Анализируемый сок, насыщенный раствор сульфата аммония и селективный для моносахаридов экстрагент (смесь ацетон – этилацетат – изопропиловый спирт в соотношении 1 : 3 : 1) помещали в градуированные пробирки и экстрагировали 7–10 мин на вибросмесителе до установления межфазного равновесия. После расслаивания системы органическую фазу отделяли в делительной воронке и анализировали на фруктозу фотометрически по реакции с резорцином в сильноокислой среде (реакция Селиванова; $l = 0,5$ см; $\lambda = 490$ нм).

Содержание глюкозы определяли методом поляриметрии (стеклянная поляриметрическая трубка длиной 1 дм). Органическую фазу, содержащую глюкозу, помещали в поляриметрическую трубку, заполняли ее дистиллированной водой и измеряли угол вращения плоскости поляризации света.

Предварительно установлено, что при экстракции углеводов из натуральных соков в органическую фазу переходит 94 % фруктозы и 91 % глюкозы, при этом степень извлечения сахарозы не превышает 10 %. Погрешность определения содержания моносахаридов в органическом экстракте с не более 10 % (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Метрологические характеристики определения моносахаридов в натуральных соках;
 $n = 3$, $P = 0,95$

Аналит	Введено, мг	Найдено, мг	S	$\Delta\bar{x} = \frac{t_{p.f} \cdot S}{\sqrt{n}}$
Фруктоза	1,00	1,00	0,06	0,10
	5,00	4,82	0,25	0,46
	10,0	9,8	0,54	0,99
Глюкоза	1,00	0,96	0,07	0,12
	5,00	4,87	0,22	0,42
	10,0	9,9	0,52	1,14

В водной фазе сахарозу определяли методом фотоколориметрии по реакции с серно-кислым дихроматом калия ($\lambda = 540$ нм, $l = 0,5$ см). Относительная погрешность анализа не превышает 10 % ($S = 0,05 - 0,6$).

Проанализированы яблочные соки, изготовленные без добавления сахара производства РФ, в том числе напитки для детского пи-

тания (таблица 2). Установлено, что во всех проанализированных пробах сока из углеводов в наибольшем количестве содержится фруктоза, что характерно для соков, изготовленных из семечковых фруктов, например, яблок.

Массовая доля сахарозы не превышает допустимые для натурального яблочного сока 3 г/см³. Расхождение найденного общего содержания углеводов с заявленным производителем не превышает 5 %.

Таблица 2

Углеводный состав яблочных соков; n = 3, P = 0,95

Сок, производитель	Заявлено произво- дителем, г/100 см ³	Найдено, г/100 г		
		фруктоза	глюкоза	сахароза
«Сады придонья», ОАО «НПГ Сады придонья»	11,2	5,2±0,4	4,6±0,3	1,2±0,1
«Сады придонья» детский, ОАО «НПГ Сады придонья»	11,0	5,6±0,4	4,2±0,3	1,0±0,1
«Мой», ОАО «НПГ Сады придонья»	11,3	5,4±0,5	4,4±0,4	1,5±0,1
«Спеленок», ОАО «НПГ Сады придонья»	11,0	4,8±0,4	4,7±0,3	0,8±0,1
«Тонус», ОАО «Лебедянский»	11,2	6,0±0,5	3,9±0,2	1,1±0,1

В производственных условиях содержание углеводов в кондитерских изделиях осуществляют согласно ГОСТу «Изделия кондитерские. Методы определения сахара» титриметрическим, фотометрическим или поляриметрическим методом. Такие методы применимы только для анализа пищевых продуктов на общее содержание редуцирующих сахаров.

Разработана экстракционно-хроматографическая методика раздельного определения фруктозы и сахарозы в водных вытяжках, насыщенных сульфатом аммония, включающая экстракцию смесью ацетона изопропилового спирта в соотношении 2 : 3. Смесью гидрофильных растворителей, как правило, обеспечивают практически полное извлечение фруктозы и сахарозы из водных вытяжек из диабетических продуктов (конфеты и печенье, изготовленные с применением фруктозы).

Навеску конфеты или печенья помещают в химический стакан, добавляют насыщенный раствор сульфат аммония и перемешивают при нагревании на водяной бане (90° С), жиры и мучную массу (твердый остаток) отделяют фильтрованием. К анализируемой пробе добавляют растворитель (соотношение водной и органической фаз 15 : 1), экстрагируют 5 мин, экстракт отделяют. Концентрат, содержащий сахарозу и фруктозу, анализируют методом восходящей хроматографии в тонком слое на пластинах «Silufol» или «Sorbfil», предварительно пропитанных смесью 1 М растворов сульфата и гидроксида аммония. В качестве подвижной фазы применяют смесь этилацетат – н.пропиловый спирт – концентрированная уксусная кислота – формамид – вода в объемном соотношении 5 : 5 : 1 : 1 : 3. Состав подвижной фазы для разделения фруктозы и сахарозы кислоты устанавливали эксперимен-

тально. Для проявления сахарозы и фруктозы пластину обрабатывают смесью 1 см³ 85 %-ной ортофосфорной кислоты и 10 см³ ацетона, содержащего по 1,0 г дифениламина и анилина, термостатируют при 100–110 °С. Пластины сканируют и обрабатывают с применением офисного сканера.

Общее содержание редуцирующих углеводов устанавливали фотометрически по реакции с ферроцианидом калия.

Результаты экстракционно-хроматографического определения фруктозы и сахарозы проверяли методом «введено – найдено» (таблица 3).

Таблица 3

Метрологические характеристики экстракционно-хроматографического определения углеводов в водных растворах; n = 3, P = 0.95

Углевод	Введено, мг	Найдено, мг	S	$\Delta \bar{x} = \frac{t_{\text{пл}} \cdot S}{\sqrt{n}}$
Фруктоза	1,0	1,0	0,04	0,1
	5,0	5,0	0,20	0,4
	50,0	49,8	0,32	0,6
Сахароза	1,0	1,0	0,05	0,1
	5,0	4,9	0,20	0,4
	50,0	49,4	0,25	0,5

В таблице 4 приводим результаты анализа некоторых диабетических продуктов на основе фруктозы произведенных в РФ (конфеты «суфле в шоколаде» и печенье). Установлено, что в проанализированных диабетических конфетах (печенье) содержание фруктозы 30 – 50 (10 – 30) г/100 г, сахарозы 10 – 16 (7 – 10) г/100 г продукта. В печенье «Без сахара на фруктозе» производства Воронежской кондитерской фабрики обнаружено лактозы 5±0,5 г на 100 г продукта.

Определение углеводов в кондитерских изделиях, изготовленных на основе фруктозы; $n = 3$, $P = 0,95$.

Продукт, производитель	Заявлено производителем, г/100 см ³	Найдено, г/100 г		
		фруктоза	сахароза	общее
конфеты «Суфле в шоколаде», ОАО «Воронежская КФ»	54,5	32,3±1,4	15,9±0,6	52,3±2,1
конфеты «Курага с суфле в шоколаде», ООО «Вишнево-городская КФ»	62,5	39,2±1,3	12,7±0,5	62,0±1,9
печенье «Добрый совет», ОАО «Воронежская КФ»	67,6	26,2±0,9	7,6±0,5	66,6±2,5
печенье «Без сахара на фруктозе», ОАО «Воронежская КФ»	67,7	11,8±0,9	9,8±0,3	65,2±2,3

Продолжительность анализа 50 мин. Погрешность определения в пределах 5–7 % при содержании сахарозы или фруктозы в анализируемом продукте на уровне 0,5–100 г/100 г.

Для цельного коровьего молока содержание лактозы находится в интервале 2,2–9,4 г/100 г. При этом, для молока высших сортов характерно содержание молочного сахара ~ 4,8 г/100 г; для молозива и стародойного молока 3,3–3,7 г/100 г; для восстановленного из сухого молока – 5,0–9,4 г/100 г. Согласно ГОСТ Р 51259-99, в молоке и молочных продуктах лактозу определяют фотометрическим методом с предварительной длительной ферментативной обработкой.

Разработана методика экстракционно-потенциометрического селективного определения углеводов в напитках [9]. В качестве титранта применен изопропанольный раствор борной кислоты (0,01 моль/дм³). Измерения проводили в стандартной потенциометрической ячейке с платиновым и хлоридсеребряным электродами. Разработанная методика позволяет отдельно определять моно- или дисахариды

в пищевых продуктах и напитках, в составе которых содержится не более пяти углеводов.

Способ определения лактозы в молоке включает экстракцию лактозы бинарной смесью растворителей (этилацетат – изопропиловый спирт в соотношении 1 : 4, степень извлечения лактозы 96 %) и ее последующее определение в органической фазе методом безводного потенциометрического титрования.

Методом «введено – найдено» установлено, что погрешность определения углеводов в йогуртовых напитках по предлагаемой методике не превышает 5 %.

Результаты анализа молока известных производителей представлены в таблице 5. Установлено, что в проанализированном молоке содержание лактозы менее 5 г на 100 см³ продукта, расхождения с данными производителя не превышают 4 %. Продолжительность анализа 40 мин, относительная погрешность не превышает 5 %.

Т а б л и ц а 5

Определение лактозы в молоке;

Молоко, производитель	Заявлено производителем, г/100 г	Найдено лактозы, г/100 г	S
«Квили-мили», ОАО «Молоко», г. Россошь	4,8	4,7±0,3	0,1
«Летний день», ОАО «Компания ЮНИМИЛК»	4,7	4,4±0,3	0,1
«Алексеевское», ЗАО «Алексеевский молочно-консервный комбинат»	4,7	4,5±0,3	0,2

Углеводный состав меда регламентируется ГОСТ Р 19792-2001. В натуральном цветочном меде, в зависимости от сорта растения-медоноса содержится редуцирующих углеводов не менее 76–82 г/100 г, сахарозы – не более 6–10 г/100 г. Массовую долю редуцирующих сахаров определяют фотометрически по реакции с феррицианидом калия.

Разработанный метод анализа углеводного состава меда включает экстракционное концен-

трирование фруктозы, глюкозы и сахарозы из водного-солевого раствора продукта бинарной смесью растворителей (ацетон – изопропиловый спирт в соотношении 1 : 1) и потенциометрический анализ концентрата.

К пробе цветочного меда добавляют насыщенный раствор сульфата аммония и перемешивают при нагревании до полного растворения. Полученный раствор помещают в мерную колбу и доводят до метки насыщенным

раствором сульфата аммония, экстрагируют 5 мин, после достижения фазового равновесия экстракт отделяют и анализируют методом потенциометрического титрования.

Проанализированы пробы цветочного полевого меда и меда отечественных произво-

дителей (ООО «Пчеловод»). Результаты представлены в таблице 6. Установлено, что во всех проанализированных пробах меда содержание сахарозы не превышает 10 г/100 г продукта, что соответствует требованиям ГОСТ для натурального цветочного меда [2].

Т а б л и ц а 6

Определение углеводов в цветочном меде; $n = 3$, $P = 0,95$.

Мед, производитель	Заявлено производителем, г/100 г	Найдено, г/100 г		
		фруктоза	глюкоза	сахароза
Натуральный полевой мед	–	40,5±1,9	29,7±1,2	6,5±0,3
«Цветочный мед», ООО «Пчеловод»	82	34,9±1,6	33,6±1,3	8,0±0,4
«Майский мед»	81	39,0±1,7	16,0±0,7	6,0±0,2

Минимально определяемые концентрации фруктозы, глюкозы и сахарозы в водных вытяжках из меда по предлагаемой методике раздель-

ного определения находятся в интервале 0,5 – 2 мкг/см³, относительная погрешность – 7 %.

ЛИТЕРАТУРА

1 Траубенберг С.Е., Осташенкова Н.В., Вьяльцева И.В., Кобелева И.Б. и др. Пищевая химия (Углеводы, минеральные вещества, вода): учеб. пособие. М.: Изд. комплекс МГУПП, 2003. 122 с.

2 ГОСТ Р 19792-2001. Мед натуральный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2001. 27 с.

3 Нечаев А.П., Кочеткова А.А., Траубенберг С.Е. Пищевая химия. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2001. 580 с.

4 Петров А.А., Бальян Х.В., Трошенко А.Т. Органическая химия. СПб: Иван Федоров, 2003. 624 с.

5 DeVrese M. Milk after infancy, dealing with lactose // On Food and Cooking, 2004, vol. 45, no. 5, pp. 14–15.

6 Коренман Я.И., Бычкова А.А., Чикалова А.М., Ким К.Б. Извлечение фруктозы из водных растворов алифатическими спиртами C₂ - C₆ // Вестник ВГУ, Серия: Химия, Биология, Фармация. 2011. №1. С. 44–48.

7 Бычкова А.А., Чикалова А.М., Коренман Я.И., Мокшина Н.Я. Закономерности экстракции глюкозы двойными и тройными смесями гидрофильных растворителей // В мире научных открытий. 2011. Т. 17. № 5. С. 289–296.

8 Коренман Я.И., Мокшина Н.Я., Бычкова А.А., Попова Н.Н. Экстракционно- потенциометрическое определение молочного сахара и продуктов его распада в водных средах // Материалы сб. «Химия и химическая технология», Караганда, Казахстан. 2012. Т. 2. С. 120–123.

REFERENCES

1 Traubenberg S.E., Ostashenkova N.V., Vial'tseva I.V., Kobeleva I.B. et al. Pishhevaia khimiia (Uglevody, mineral'nye veshchestva, voda) [Food Chemistry (carbohydrates, minerals, water)]. Moscow, Izd.compleks MGUPP, 2003. 122 p. (In Russ.).

2 GOST R 19792-2001. Med natural'nyi. Tekhnicheskie usloviya [Honey. Specifications.]. Moscow, Standartinform, 2001. 27 p. (In Russ.).

3 Nechaev A.P., Kochetkova A.A., Traubenberg S.E. Pishchevaia khimiia [Food Chemistry]. Sent-Petersburg, GIORД, 2001. 580 p. (In Russ.).

4 Petrov A.A., Balian H.V., Troshchenko A.T. Organicheskaiia khimiia [Organic Chemistry]. Sent-Petersburg, Ivan Fedorov, 2003. 624 p. (In Russ.).

5 DeVrese M. Milk after infancy, dealing with lactose // On Food and Cooking, 2004, vol. 45, no. 5, pp. 14–15.

6 Korenman Ia.I., Bychkova A.A., Chikalova A.M., Kim K.B. Removing fructose from aqueous solutions aliphatic alcohols C₂ - C₆. Vestnik VGU, Seria: Khimiia, Biologiia, Farmatsiia. [Bulletin of VSU, Series: Chemistry, Biology, Pharmacy], 2011, no. 1, pp. 44–48. (In Russ.).

7 Bychkova A.A., Chikalova A.M., Korenman Ia.I., Mokshina N.Ia. Laws of glucose extraction double and triple hydrophilic solvent mixtures. V mire nauchnykh otkrytii. [In the world of scientific discoveries], 2011, vol. 17, no. 5, pp. 289–296. (In Russ.).

8 Korenman Ia.I., Mokshina N.Ia., Bychkova A.A., Popova N.N. Extraction- potentiometric determination of lactose and its degradation products in aqueous media. Materialy sb. «Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia» [Materials comp.

"Chemistry and chemical technology"]. Karaganda, 2012. vol. 2, pp. 120-123. (In Russ.).

УДК 543.613.3

Аспирант А.А. Калиниченко, профессор Л.Ю. Арсеньева,
профессор С.В. Иванов,

(Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина) кафедра экспертизы пищевых продуктов. тел. (044) 287-90-24

профессор Т.А. Кучменко

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии. тел. (473) 255-07-62

E-mail: asya.kalini4enko@gmail.com

Graduate A.A. Kalinichenko, professor L.Iu. Arsen'eva,
professor S.V. Ivanov,

(National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine) Department of foodstuff expertise. phone (044) 287-90-24

professor T.A. Kuchmenko

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of physical and analytical chemistry. phone (473) 255-07-62

E-mail: asya.kalini4enko@gmail.com

Способ экспрессного определения отдельных показателей качества масла грецкого ореха по сигналам анализатора «электронный нос»

Express method for determination of selected quality indexes of walnut oil using analyzer signals «Electronic nose»

Реферат. В статье рассматривается процесс автоокисления масел, полученных способом холодного прессования. Установлено, что масло грецкого ореха быстро окисляется из-за преобладания в составе ненасыщенных жирных кислот (90,4 %). Теоретически обосновано, что деструкция триглицеридов с накоплением одорирующих продуктов окисления свидетельствует о ходе достаточно глубоких окислительных процессов, которые не всегда сопровождаются изменениями органолептических показателей, не уловимы биологическими сенсорными системами. В работе показана возможность применения анализатора газов «МАГ-8» с методологией «электронный нос» для оценки степени окислительного прогоркания масла грецкого ореха по составу равновесной газовой фазы. Проанализированы изменения количественного и качественного состава легколетучих веществ над маслом грецкого ореха в процессе хранения. Разработан экспресс-способ определения перекисного числа по сигналам сенсора с покрытием полиэтиленгликоль себагинат, который наиболее селективно детектирует спирты, соединения с перекисными и гидроперекисными группами. Сигналы сенсора с покрытием дициклогексан-18-краун-6, селективного к летучим кислотам, кетонам, эфирам, коррелируют с кислотным числом. Авторами предложен интегральный показатель степени окисления масла – площадь «визуального отпечатка», отражающего содержание перекисей, кислот, спиртов, кетонов, эфиров и продуктов их полимеризации.

Summary. This paper presents the autooxidation process of extra virgin oils. It was established that walnut oil rapidly oxidized due to the prevalence composed of unsaturated fatty acids (90,4%). Theoretically substantiated that the destruction of triglycerides with the accumulation of odorizing substances, oxidation products. This indicates that goes deep oxidation process, which is not accompanied by changes in the organoleptic characteristics. It is not perceptible by biological sensory systems. The paper deals the possibility of using gas analyzer «MAG-8» with methodology «electronic nose» to assess the oxidation rate of walnut oil in terms of composition and content the equilibrium gas phase. Changes in the quantitative and qualitative composition of volatile substances above oil during storage have been analyzed. Express method for determination of peroxide value and acid value using signals of sensors coated with polyethyleneglycol sebacate and dicyclohexano-18-crown-6 has been developed. The authors offer the integral index of oil oxidation level – the area of «visual fingerprint» that be indicative for content of peroxides, acids, alcohols, ketones, esters, and their polymerization products.

Ключевые слова: анализ, качество, масло грецкого ореха, окисление, легколетучие вещества, сорбция, пьезосенсоры, «электронный нос».

Keywords: analysis, quality, walnut oil, oxidation, volatile compounds, sorption, piezosensors, «electronic nose».

© А.А. Калиниченко, Кучменко Т.А.,
Арсеньева Л.Ю., Иванов С.В., 2014

Возрастающий интерес потребителя к продуктам с высокой биологической ценностью способствует расширению ассортимента растительных масел, для производства которых все чаще используют нетрадиционное сырьё, такое как плодовые и виноградные косточки, семена тыквы, томатов, зародыши пшеницы, рисовые отруби, ядра орехов, в том числе грецких.

Вследствие особенностей химического состава такие масла легко подвергаются окислению. Окисление жиров атмосферным воздухом (автоокисление) приводит к значительному ухудшению их потребительских свойств. Жиры, в которых начались окислительные процессы, имеют пониженную стойкость при дальнейшем хранении.

Высококачественные растительные масла не должны содержать ни первичных, ни вторичных продуктов окисления, или содержать их в малых количествах.

Окисление растительных масел в процессе производства не укладывается в рамки обычной общепринятой схемы окислительных процессов, предусматривающей постепенное разрушение ингибиторов в течение индукционного периода, сопровождаемое ростом перекисного числа.

Процесс окисления жирных кислот в зависимости от их строения и условий окисления протекает неодинаково. Окисление насыщенных жирных кислот и их эфиров сопровождается деструкцией углеродной цепи. В результате образуются низкомолекулярные кислоты: муравьиная, уксусная, масляная, капроновая, энантовая – и другие карбонилсодержащие соединения. Образовавшиеся альдегиды, кетоны и кислоты склонны к дальнейшему окислению и полимеризации.

Скорость окисления жиров определяется строением радикалов жирных кислот, входящих в состав триглицеридов, температурными условиями, присутствием в жирах катализаторов и ингибиторов окисления, действием света и радиации.

При автоокислении в пищевых жирах в зависимости от образовавшихся специфических продуктов окисления триглицеридов появляются разнообразные нежелательные привкусы и запахи: олеистый, салостый, окисленный, металлический, рыбный, прогорклый.

Проблема установления корреляции между органолептическими свойствами жиров и химическими показателями является, как известно, весьма сложной, несмотря на распространение новых приборов для интегральной быстрой оценки состояния образца. Не прекращаются попытки найти универсальную

химическую характеристику, на основании которой можно было бы объективно судить об органолептической порче жиров, масел и различных маслосодержащих продуктов.

Одни группы авторов предлагают в качестве универсальной характеристики перекисное число, другие – анизидиновое, третьи определяют присутствие кетонов, содержание эпокисей и т. п. [1].

Опыты показывают [2], что в одних случаях обнаруживается корреляция между изменениями органолептических свойств жиров и некоторыми химическими показателями (содержанием перекисей или эпокисей, альдегидов и кетонов). Сами по себе перекиси и эпокиси не имеют резко выраженного запаха и вкуса, не уловимы биологическими сенсорными системами. Однако их рост свидетельствует о ходе достаточно глубоких окислительных процессов, идущих с накоплением одорирующих продуктов окисления. Природа таких одорирующих веществ неодинакова для различных видов масел, технологии производства и условий хранения. В одних случаях это могут быть некоторые альдегиды, в других – кетоны, или низкомолекулярные свободные жирные кислоты, или свободные ненасыщенные жирные кислоты и т. п.

В настоящее время общепризнано, что ответственными за развитие нежелательных привкусов и запахов являются, в первую очередь, карбонильные соединения [3].

Информацию о качественном и количественном составе легколетучих веществ растительных масел получают с применением хроматографических, спектральных методов анализа, а также метода ВЭЖХ-масс-спектропии [4]. С развитием современных методов удалось идентифицировать несколько десятков легколетучих веществ растительных масел [5].

Перспективной является разработка альтернативных методов, способов, имеющих единый методологический подход и не требующих сложного аппаратного оформления и многостадийной подготовки пробы.

Решение задачи возможно с применением интеллектуальных систем: «электронный нос», «электронный язык». «Электронные носы» широко применяются в анализе сырья и пищевых продуктов, ориентированы на установление идентичности и различий в составе легколетучих фракций образцов [6]. Особое место среди таких систем занимают анализаторы на основе модифицированных пьезокварцевых резонаторов (пьезосенсоры).

Управление чувствительностью и селективностью в таких системах возможно путем

направленного подбора модификаторов электронов резонаторов. Результатами многочисленных системно проведенных исследований установлено [6], что наибольший объем аналитической информации по сигналам массива сенсоров может быть получен при комбинации в массиве сенсоров с универсальными, селективными и специфическими покрытиями. Такой набор сенсоров реализован в многоканальном анализаторе газов «МАГ-8» (производитель – ООО «Сенсорные технологии», РФ) на массиве сенсоров «Food-nanoC», который позволяет фиксировать изменения в составе сложных смесей различных соединений.

Цель исследования: оценить возможность применения анализатора газов «МАГ-8» на основе восьми разнохарактерных пьезосенсоров для изучения состояния масла грецкого ореха при хранении и возможности оценки по составу равновесной газовой фазы показателей качества, отражающих процессы окисления масла.

В качестве основного объекта исследований выбран образец масла грецкого ореха, полученный способом холодного прессования без добавления антиоксидантов.

В стеклянные пробирки помещали по 30 г масла ($n=12$), герметично закрывали. Основным фактором, катализирующим процесс окисления, выбран ультрафиолетовый свет. Пробы хранили на рассеянном свете при температуре $19\pm 2^\circ\text{C}$. Общее время воздействия на пробы составило 8 суток, с шагом измерения 48 часов (4 контрольные точки).

В каждой контрольной точке отбирали 5 г средней пробы масла, помещали в стеклянный бюкс с полиуретановой мембраной, выдерживали в течение 20 мин до насыщения равновесной газовой фазы (РГФ) легколетучими компонентами пробы. Индивидуальным шприцем отбирали 3 см^3 РГФ и вводили в ячейку детектирования многоканального анализатора газов «МАГ-8» с повторностью $n=3$.

Продолжительность измерения реакции сенсоров на смеси легколетучих соединений в РГФ над маслами составляла 1 мин с дискретностью 1 с.

В массиве сенсоров «Food-nanoC» в качестве модификаторов пьезокварцевых резонаторов (ПКР) применяли стандартные неподвижные хроматографические фазы различной полярности и специфические сорбенты, а именно: динонилфталат (ДНФ), полиэтиленгликоль себагинат (ПЭГ себагинат), полиэтиленгликоль адипинат (ПЭГ адипинат), дициклогексан-18-краун-6 (ДЦГ-18-К-6), тритон

X-100 (ТХ-100), полиэтиленгликоль 2000 (ПЭГ-2000), полидиэтиленгликоль сукцинат (ПДЭГ сукцинат), поливинилпирролидон (ПВП). Сорбенты характеризуются перекрестной чувствительностью к веществам различных классов органических легколетучих соединений, являющихся продуктами окислительной деструкции жиров (пероксиды, кетоны, спирты, кислоты, эфиры).

В программном обеспечении «MAGSoft» фиксировали частоты колебаний сенсоров (F_i , Гц), относительные их изменения (ΔF_i , Гц) во времени с шагом 1 с в виде хроночастотограмм, а также аналитические сигналы (ΔF_{max} , Гц), проводили статистическую обработку результатов измерений.

Аналитические сигналы пьезосенсоров – максимальные изменения частот колебания кварцевых пластин в результате сорбции компонентов РГФ над исследуемым объектом на тонких пленках сорбентов (ΔF_{max} , Гц), представленные в виде «визуального отпечатка» (ВО) максимумов, кинетические «визуальные отпечатки» и их площади ($S_{\text{ВО}}$, Гц·с).

В качестве основных показателей качества, характеризующих степень окисленности растительного масла, определяли по стандартным методикам перекисное [8] и кислотное число [9] для количественного определения перекисных и гидроперекисных групп, а также свободных жирных кислот и других титруемых щелочью веществ масла.

Жирнокислотный состав масла грецкого ореха определяли согласно ДСТУ ISO 5509-2002 «Жиры и масла животные и растительные. Приготовление метиловых эфиров жирных кислот (ISO 5509:2000, IDT)». Пробоподготовку осуществляли методом переэтерификации. Хроматографическое исследование пробы проводили согласно ДСТУ ISO 5508-2001 «Масла и жиры животные и растительные. Анализ методом газовой хроматографии метиловых эфиров жирных кислот (ISO 5508:1990, IDT)». Анализ состава жирных кислот проводили на капиллярном газовом хроматографе «Кристаллюкс – 4000М» с пламенно-ионизационным детектором на колонке SP-2560: длиной 100 м, внутренним диаметром 0,25 мм, толщиной покрытия 0,2 мкм. Условия хроматографирования: температура детектора – 250°C , температура инжектора – 230°C , давление на колонке – 0,8 атм., температурный градиент термостата колонок от 50 до 220°C , (скорость 4 град./мин.), газ-носитель – азот.

Для исследования особенностей протекания окислительного прогоркания масла грецкого ореха был изучен жирнокислотный состав масла (таблица 1.)

Т а б л и ц а 1

Содержание жирных кислот
в масле грецкого ореха

Жирная кислота	Массовая доля в масле, %
Насыщенные жирные кислоты: 8,4%	
C _{11:0} ундециловая кислота	—
C _{14:0} миристиновая кислота	—
C _{16:0} пальмитиновая кислота	7,5
C _{18:0} стеариновая кислота	0,68
C _{20:0} арахидиновая кислота	—
C _{22:0} бегеновая кислота	0,057
C _{24:0} лигноцериновая (тетракозановая) кислота	0,0075
Ненасыщенные жирные кислоты: 90,4%, в т. ч.:	
Мононенасыщенные жирные кислоты: 17,3%	
C _{16:1} пальмитолеиновая кислота	0,13
C _{17:1} гептадеценивая кислота	—
C _{18:1} n9c олеиновая кислота	17,0
C _{20:1} n9 гадолеиновая кислота	0,13
Полиненасыщенные жирные кислоты: 73,2%	
C _{18:2} n6c дис-линолевая кислота	60,2
C _{18:3} n3 альфа-линоленовая кислота	12,2
C _{18:3} n6 линоленовая кислота	—
C _{20:3} n6 дис-8, 11, 14-эйкоза- триеновая кислота	0,5

Масло грецкого ореха по жирнокислотному составу относится к группе масел с наибольшей массовой долей линолевой кислоты, таких как кукурузное, подсолнечное, виноградное, сафрановое, арбузное, томатное, тыквенное, кедровое масла [7].

В составе масла грецкого ореха преобладают ненасыщенные жирные кислоты — наиболее лабильные в отношении автоокисления компоненты жиров.

Для оценки изменений состояния пробы в каждой контрольной точке определяли перекисное (ПЧ) и кислотное число (КЧ) (рисунок 1), детектировали состав РГФ над пробой.

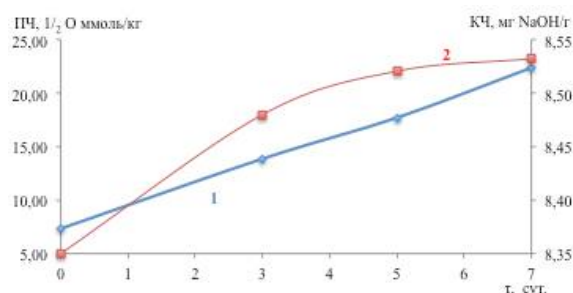


Рисунок 1. Изменение перекисного (1) и кислотного (2) чисел масла грецкого ореха в процессе хранения

Установлено, что проба в начальной точке эксперимента не соответствует нормативным показателям, значение кислотного числа выходит за границы верхней нормы 4 мг NaOH/г, что связано с производством масла из сырья, которое хранилось 11 месяцев после сбора урожая.

По хроночастотограммам определили наиболее информативные сенсоры в массиве, сигналы не информативных сенсоров из итоговой матрицы исключили. В идентичных условиях получены аналитические сигналы «электронного носа» в парах масла. Показатель стабильности — сдвиг частоты колебаний в течение 1 мин, не превышающий 2 Гц.

Для поиска количественного критерия оценки накопления легколетучих веществ как продуктов окисления триглицеридов рассматривали S_i под хроночастотограммами для единичных сенсоров, где i — модификатор сенсоров, а также суммарную площадь «визуального отпечатка», построенного по сигналам информативных сенсоров (ΣS).

Сводная информация представлена в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Аналитические сигналы информативных сенсоров итоговой матрицы
многоканального анализатора газов «МАГ-8»

Модификатор пьезокварцевого резонатора	Аналитический сигнал	Контрольная точка			
		1	2	3	4
ПЭГ себацнат	$S_{\text{пэгсеб}}, \text{Гц}\cdot\text{с}$	105	114	136	150
	$\Delta F_{\text{max}}, \text{Гц}$	3	4	4	4
ПЭГ адипинат	$S_{\text{пэгад}}, \text{Гц}\cdot\text{с}$	136	160	153	153
	$\Delta F_{\text{max}}, \text{Гц}$	4	4	4	4
ДЦГ-18-К-6	$S_{\text{дцг}}, \text{Гц}\cdot\text{с}$	72	110	115	144
	$\Delta F_{\text{max}}, \text{Гц}$	2	3	3	4
ТХ-100	$S_{\text{тх100}}, \text{Гц}\cdot\text{с}$	195	230	205	210
	$\Delta F_{\text{max}}, \text{Гц}$	5	5	5	5
ПЭГ-2000	$S_{\text{пэг2000}}, \text{Гц}\cdot\text{с}$	230	204	220	220
	$\Delta F_{\text{max}}, \text{Гц}$	6	5	5	5
ПДЭГ сукцинат	$S_{\text{пдэгсукц}}, \text{Гц}\cdot\text{с}$	280	303	290	297
	$\Delta F_{\text{max}}, \text{Гц}$	6	7	7	7
ΣS		1616	1848	1890	1925

Наиболее заметно изменяется масса сорбата, а значит и концентрация легколетучих соединений в РГФ для сенсоров с покрытиями ПЭГ себагинат и ДЦГ-18-К-6, проявляющими сродство к кислотам, кетонам, спиртам и эфирам.

Несмотря на перекрестную чувствительность покрытий ПКР к веществам различных классов, ПЭГ себагинат наиболее селективно детектирует спирты, соединения с перекисными и гидроперекисными группами, а ДЦГ-18-К-6 – летучие кислоты, кетоны, эфиры в РГФ. Это подтверждается высокой достоверностью ре-

зультатов аппроксимации ($R^2 = 0,94$) площади под хроночастотограммой сенсора с покрытием ПЭГ себагинат с перекисным числом (рисунок 2 а), достаточно высокой корреляцией ($R^2 = 0,87$) $S_{ДЦГ}$ с кислотным числом (рисунок 2, б).

Показания сенсора с покрытием ПЭГ себагинат коррелируют с перекисным числом, что позволит заменить длительный и дорогостоящий (реактивы) титриметрический метод точным, простым и экспрессным методом пьезокварцевого микровзвешивания.

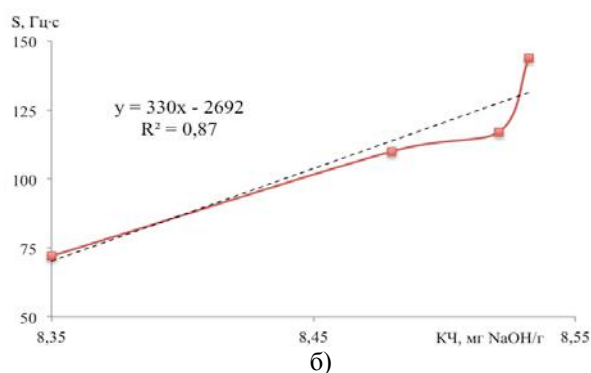
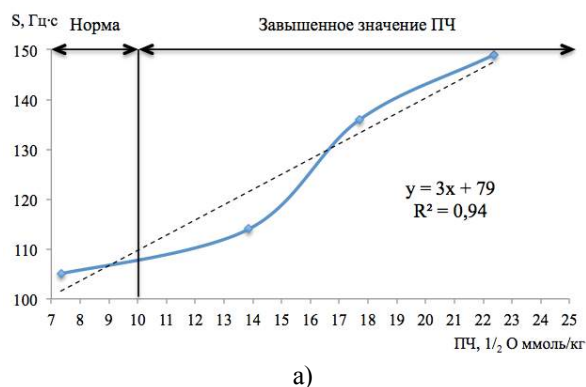


Рисунок 2. Корреляция площадей под хроночастотограммой сенсоров с покрытиями ПЭГ себ. (а) и ДЦГ-18-К-6 (б) с перекисным (а) и кислотным (б) числами

Однако в составе РГФ содержатся не только перекиси, кислоты, спирты, кетоны, эфиры, а и другие органические соединения, продукты их полимеризации, то корректнее для оценки степени окислительного прогоркания предложить интегральный показатель – суммарную площадь «визуального отпечатка». По значению площади «визуального отпечатка» можно судить об общем содержании органических легколетучих соединений, являющихся продуктами окислительной деструкции жиров.

По результатам исследований получили статистически надежные «визуальные отпечатки» максимальных сигналов пьезосенсоров

для 1 и 4 контрольных точек проб масла грецкого ореха, качественный и количественный состав РГФ различен (рисунок 3).

Установлено, что в процессе окисления изменяется геометрия «визуального отпечатка», возрастает площадь фигуры. Относительная разность площадей для 1 и 4 контрольных точек проб масла составляет $152 \pm 1 \%$, абсолютная разность площадей – $12 \pm 0,5 \%$, что говорит об изменении состава РГФ над пробой масла в процессе окисления, образовании и накоплении пероксидов, низших жирных кислот, альдегидов, кетонов и продуктов их полимеризации.

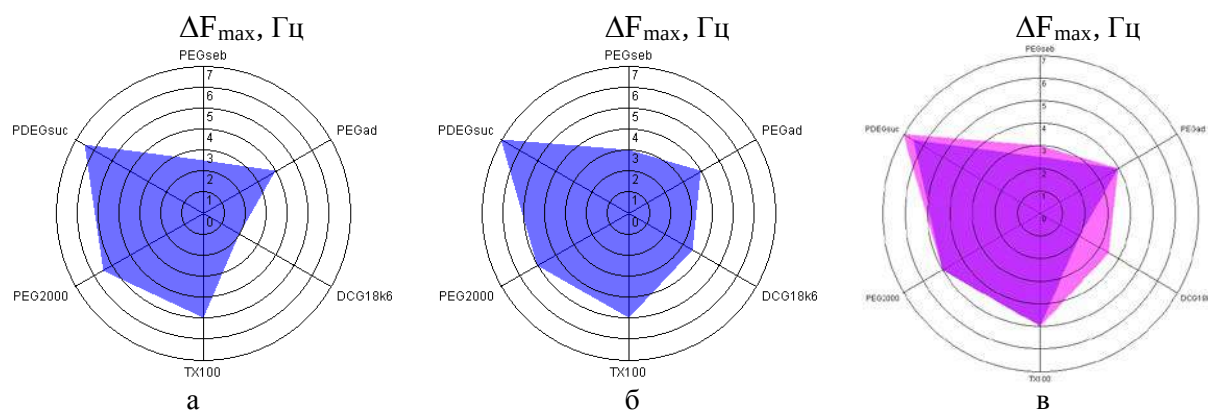
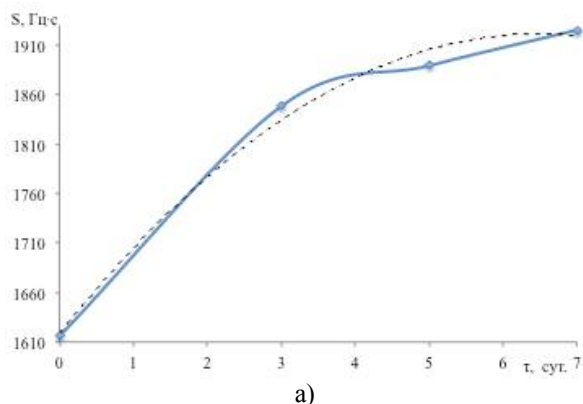


Рисунок 3. «Визуальные отпечатки» максимальных откликов пьезосенсоров газоанализатора «МАГ-8» над пробами масла грецкого ореха в 1 (а) и 4 (б) контрольных точках и их сравнения (в)

Динамика изменения $S_{\text{ВО}}$ в процессе окисления пробы носит полиномиальный характер (рисунок 4 а). О том, что площадь «визуального отпечатка» отражает степень окисленности масла свидетельствует высокая до-



стоверность результатов аппроксимации ($R^2=0,99$) $S_{\text{ВО}}$ с перекисным числом (рисунок 4 б), по которому судят о степени окисленности масел [1, 2, 3, 4], и аналогичный характер изменения.

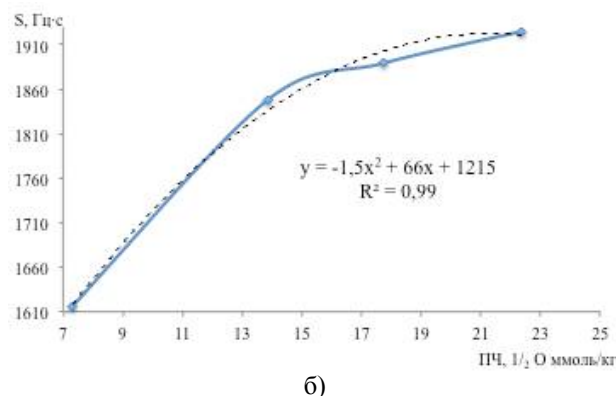


Рисунок 4. Динамика изменения площади ВО в процессе хранения пробы (а) и ее корреляция с перекисным числом (б)

Таким образом, за одно измерение по площади «визуального отпечатка» можно оценить степень окисленности растительного масла, на основании динамики изменения $S_{\text{ВО}}$ прогнозировать динамику изменения качества пробы. А по значениям площадей под хроночастотограммами сенсоров с покрытиями ПЭГ себацинатов и

ДЦГ-18-К-6 судить о значениях перекисного и кислотного числа соответственно.

Разработанный способ интегральной оценки степени окисленности масла и отдельных показателей качества масла грецкого ореха осуществляется без сложной и многостадийной пробоподготовки, не требует высокой квалификации обслуживающего персонала.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ржехин В.П., Сергеев А.Г. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учёту производства в масложировой промышленности. Л.: Наука, 1967. С. 967–985.

2 Стеле Р. Срок годности пищевых продуктов. Расчет и испытания. СПб.: Профессия, 2006. 480 с.

3 Хомутов Б. И., Ловачев Л. Н. Хранение пищевых жиров. М.: Экономика, 1972. 160 с.

4 Тютюнников Б. Н., Бухштаб З. И., Гладкий Ф. Ф. Химия жиров. Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. С. 389–400.

5 Хайянь З., Бедгуд Д., Бишоп А. и др. Эндогенный биофенол, жирные кислоты и летучие профили выбранных масел // Пищевая химия. 2006. С. 1–8.

6 Кучменко Т. А. Инновационные решения в аналитическом контроле: уч. пособие. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., ООО «СенТех», 2009. 252 с.

7 ГОСТ 30623-98 Масла растительные и маргариновая продукция. Метод обнаружения фальсификации. Введен 01. 01. 2000. М.: Стандартинформ, 2008. 20 с.

8 ДСТУ 4570:2006 Растительные жиры и масла. Метод определения перекисного числа. Введен 01. 01. 2008. Киев: Госпотребстандарт Украины, 2007. 8 с.

9 ДСТУ 4350:2004 (ISO 660:1996, NEQ) Масла растительные. Методы определения кислотного числа. Введен 28. 11. 2004. Киев: Госпотребстандарт Украины, 2005. 8 с.

10 ДСТУ 6047:2008 Масло грецкого ореха. Технические условия. Введен 01. 01. 2009. Киев: Госпотребстандарт Украины, 2008. 18 с.

REFERENCES

1 Rzhekhin V.P., Sergeev A.G. Rukovodstvo po metodam issledovaniia, tekhnokhimicheskomu kontroliu i uchetu proizvodstva v maslozhirivoi promyshlennosti [Guidance on methods of research, technical and chemical control and production records in the oils and fats production industry]. Leningrad, 1967. pp. 967-985. (In Russ.).

2 Stele R. Srok godnosti pishchevykh produktov. Raschet i ispytaniia [Understanding and measuring the shelf-life of food]. Sent-Petersburg, Professii, 2006. 480 p. (In Russ.).

3 Khomutov B. I., Lovachev L. N. Kranenie pishchevykh zhirov [Storage of food fats]. Moscow, Ekonomika, 1972. 160 p. (In Russ.).

4 Tiutiunnikov B/N/, Bukhshtab Z.I., Gladkii F.F. Khimiia zhirov [Chemistry of fats]. Khar'kov, NTU «KhPI», 2002. pp. 389–400. (In Ukrainian).

5 Khaiian' Z., Bedgud D., Bishop A. et al. Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils. Pishchevaia khimiia. [Food chemistry], 2006, pp. 1–8.

6 Kuchmenko T. A. Innovatsionnye resheniia v analiticheskoi kontrole [Innovative solutions in the analytical control]. Voronezh, VGTA, 2009. 252 p. (In Russ.)

7 GOST 30623-98 Masla rastitel'nye i margarinovaia produktsiia. Metod obnaruzheniia fal'sifikatsii [Oils and margarin products. Adul-

teration detection method]. Moscow, Standartinform, 2008. 20 p. (In Russ.).

8 DSTU 4570:2006 Rastitel'nye zhiry i masla. Metod opredeleniia perekisnogo chisla [Vegetable fats and oils. Method for measurement of peroxide value]. Kiev, Gospotrestandart Ukrainy, 2007. 8 p. (In Ukrainian)

9 DSTU 4350:2004 (ISO 660:1996, NEQ) Masla rastitel'nye. Metody opredeleniia kislotnogo chisla [Oils. Methods for determination of acid value] Kiev, Gospotrestandart Ukrainy, 2005. 8 p. (In Ukrainian)

10 DSTU 6047:2008 Maslo gretskogo orekha. Tekhnicheskie usloviia [Walnut oil. Specifications]. Kiev, Gospotrestandart Ukrainy, 2008. 18 p. (In Ukrainian)

УДК 66-936.42

Профессор С.Ю. Панов, аспирант М. Химвинга,
соискатель А.В. Зинковский

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов химических производств.
тел. (473) 249-91-13

E-mail: sergey.panov@mail.ru, kafedra-mahp@mail.ru

Professor S.Iu. Panov, graduate M. Himwiinga,
applicant A.V. Zinkovskii

(Voronezh state university of engineering technology) Department of machines and apparatus in
chemical industries. phone (473) 249-91-13

E-mail: sergey.panov@mail.ru, kafedra-mahp@mail.ru

Повышение эффективности аппарата распылительного типа при решении проблем промышленной экологии

Improving the efficiency of spray type devices when solving problems in industrial ecology

Реферат. Выполненная работа направлена на повышение эффективности скруббера распылительного типа путем совмещения процессов и улучшения гидравлической обстановки в аппарате. Поставленная задача решается разработкой двухступенчатой системы очистки пиролизного газа на базе эжекторных скрубберов. Их преимущество – центральный форсуночный подвод, что позволяет скрубберу действовать по принципу эжекторного насоса. Каплеулавливающее устройство разработанного аппарата расположено в корпусе аппарата и представляет собой цепи, подвешенные на хомуте, смонтированном в нижней части горловины трубы посредством штырей и двух разъемных соединений. Работу скруббера проверяли на примере абсорбционной очистки газов от оксида серы. В качестве хемосорбента было принято решение использовать карбонат кальция, полученный в качестве побочного продукта при производстве нитроаммофоски на заводе ОАО «Минудобрения». Предварительные результаты показывают, что при стехиометрическом соотношении Ca/S на входе равном примерно 2,0 выброс SO_2 снижается на 80-90 %, что значительно больше, чем намечалось – 70 % что соответствовало остаточной концентрации менее 30 мг/м³. Отчасти это объясняется большей степенью улавливания и отложение сорбента на цепной завесе (не более 20 мг/м³). Предложенный аппарат для очистки газов позволяет: повысить эффективность очистки газов; повысить надежность работы; повысить степень очистки газового потока без применения дополнительного оборудования; снизить металлоемкость и сложность конструкции; удешевить процесс очистки; упростить конструкцию аппарата.

Summary. This carried out work is aimed enhancing the efficiency of the spray scrubber by combining processes and improving hydraulic conditions in the device. The problem of treating waste gases is often characterized by unique features and the significant factor that makes it difficult to find a solution to the problem of treatment is the low and/or variable concentration of the pollutant. With a removal efficiency of up to 98 %, wet treatment technology in scrubber type devices is the only practical method advantageous to the treatment of waste gases. The set objective is solved by developing a two-stage treatment system for pyrolysis gas based on ejector scrubbers. Their advantage - a central nozzle supply that allows the scrubber to operate on the principle of an ejector pump. A drift eliminator of the developed device is located on the case unit and a chain is suspended from a clamp mounted on the lower part of the tube neck by pins and two detachable joints. The operation of the scrubber was checked in compliance with the absorption gas treatment of sulfur dioxide. A chemical sorbent, calcium carbonate which is produced as a by-product in the manufacture of nitroammophos at JSC "Minudobrenia" factory is used. Preliminary results indicate that the stiochiometric inlet ratio of Ca/S equals about 2.0 and SO_2 emissions reduce by 80-90 %, significantly larger than the planned 70 % and subsequently corresponds to the residue concentration of less than 30 mg/m³. This is explained by the greater degree of capture and deposition of the sorbent on the chain curtain (not more than 20 mg/m³). The proposed device for treating gases enables: improvement in the efficiency of gas treatment; increased reliability; increase in the degree of treatment of the gas flow without the use of additional equipment; reduction in metal and design complexity; reduction on the cost of the treatment process and simplification in the device design.

Ключевые слова: очистка газов, повышение эффективности, диоксид серы, абсорбция, скруббер, эжектор

Keywords: gas purification, improvement of the efficiency, sulfur dioxide, absorption, scrubber, ejector

Защита воздушного бассейна от промышленных выбросов – это актуальная проблема в настоящее время. Ежегодно на земном шаре в воздух выбрасывается 250 млн. т золы, десятки миллионов тонн сернистого газа, оксидов азота и других веществ, способных загрязнить большие территории, сделать

их непригодными для жизни людей, животных и растений, вызвать коррозию металла машин, строений и аппаратов. Наиболее радикальная защита воздуха от газовых выбросов – совершенствование производственных процессов их очистки [1-3].

© Панов С.Ю., Химвинга М., Зинковский А.В., 2014

Проблема очистки отходящих газов часто характеризуется своеобразными особенностями: газы, выбрасываемые в атмосферу, имеют высокую температуру, содержат большое количество пыли, улавливание которой представляет значительные трудности (особенно при необходимости высокой степени очистки). Существенным фактором, затрудняющим разрешение проблемы очистки является низкая и/или переменная концентрация вредного компонента.

В настоящее время основной вклад в загрязнение атмосферного воздуха дымовыми газами на территории России вносят следующие отрасли: теплоэнергетика (тепловые и атомные электростанции, промышленные и городские котельные и др.), далее предприятия черной металлургии, нефтедобычи и нефтехимии, автотранспорт, предприятия цветной металлургии и производство строительных материалов (таблица 1) [2].

С 1 июля 2004 г. для действующих ТЭС европейской части России введены нормы II Протокола Международной конвенции о трансграничном переносе (МКТП) загрязняющих веществ [4]. С установлением новых стандартов проблема очистки газовых выбросов стала более актуальной, особенно если учитывать то обстоятельство, что количество выбросов в Российской Федерации намного превышает аналогичные показатели в европейских странах (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Суммарные выбросы загрязняющих веществ в европейских странах за 2010 г.

Страна	Загрязнитель			
	SO _x	NO _x	NH ₄	Летучие органические соединения
Россия	1302	2369	830	2081
Германия	449	1323	548	1053
Великобритания	406	1106	284	789
Франция	262	1080	645	852
Италия	210	964	379	1080
Швеция	34	161	52	197

Очистка выбросов от загрязняющих веществ включает в себя различные методы, например, абсорбционный, адсорбционный, термическое дожигание [3]. С эффективностью очистки до 98 % технология мокрой очистки в аппаратах скрубберного типа является единственным практически выгодным методом для очистки отходящих газов [5].

Основными недостатками тарельчатого и насадочного скруббера является то, что они могут забиваться, а также образование осадка на тарелках и насадках. Данных недостатков лишены аппараты распылительного типа, в частности эжекторные скрубберы.

Задачей нашего исследования является разработка конструкции аппарата распылительного типа и изучение процесса химической очистки газовых выбросов.

Поставленная задача решается разработкой двухступенчатой системы очистки пиролизного газа на базе эжекторных скрубберов. Их преимущество – центральный форсуночный подвод, что позволяет скрубберу действовать по принципу эжекторного насоса. Для решения поставленной задачи были рассмотрены и проанализированы уже существующие разработки.

Технологическая схема установки со скруббером представлена на рисунке 1.

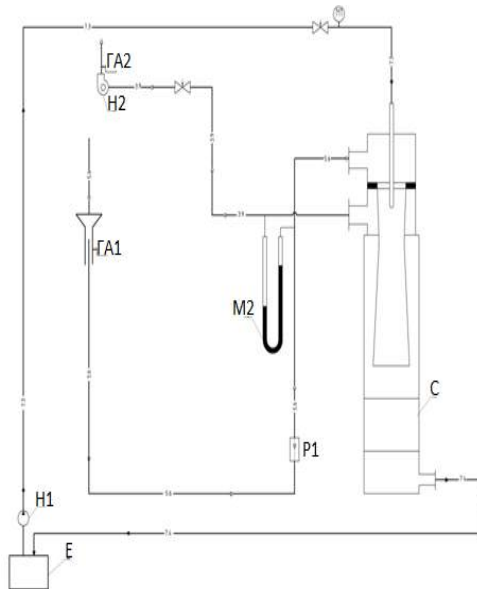


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки.

Загрязненный газ, содержащий оксиды серы, равномерно подается в аппарат. Также при входе происходит измерение начальной концентрации оксидов серы газоанализатором (GA1). Далее газ попадает в камеру смешения эжекторного скруббера (C). В скруббере происходит взаимодействие с раствором сорбента. Сорбент подается насосом (H1) из емкости (E) и эжектируется через форсунку в камеру смешения. Отработанный сорбент сливается через патрубок в емкость (E). Очищенный газ с помощью вентилятора (H2) выводится в атмосферу. Концентрация оксидов серы на выходе контролируется газоанализатором (GA2).

Расход подаваемого воздуха определяется ротаметром (P). Гидравлическое сопротивление

ление эжекторного скруббера измеряется дифференциальным манометром (М2).

Фотография и схема скруббера представлены на рисунке 2.

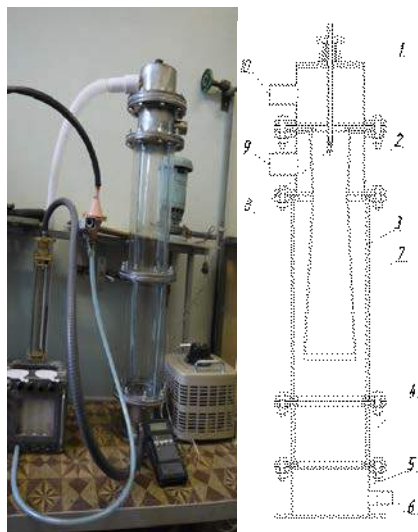


Рисунок 2. Фото и схема эжекторного скруббера

Аппарат для мокрой очистки газов представляет собой аппарат цилиндрической формы, состоит из цилиндрического корпуса, состоящего из нескольких секций 1-5 с плоским дном и патрубками для вывода шлама 6 и очищенного газа 10, встроенного в корпус контактного устройства, состоящего конфузорно-диффузорной трубы 7, форсунки 8. Каплеулавливающее устройство расположено в корпусе аппарата и представляет собой цепи, подвешенные на хомуте, смонтированном в нижней части горловины посредством штырей и двух разъемных соединений (на рисунке не показано) [6].

Камера смешения состоит из служащего для увеличения скорости газа конфузора, в котором размещено сопло (форсунка), горловины, где происходит взаимодействие газовых вредных компонентов с сорбентом и протекают процессы коагуляции, а также за счет снижения скорости восстанавливается часть давления, затраченного на создание высокой скорости газа.

Сечения конфузора и горловины в камере смешения подобраны таким образом, чтобы создать условия для эжекции газов первичным высоконапорным потоком.

Жидкость вытекает из форсунки 8 с большой скоростью в виде струи, которая дробится на капли, и которые образуют в сечении горловины трубы 7 капельную завесу, аналогичную по своим характеристикам фильтровальной зернистой насадке. Твердые частицы и газовые молекулы, движущиеся в газовом потоке, проходя

сквозь капельную завесу, улавливаются каплями в результате столкновения. На одной капле могут осаждаться несколько частиц, то есть происходит динамическая коагуляция.

Капли воды распыляются на мелкие частицы в виде тумана и заполняют весь объем конфузора трубы 7, через патрубок из камеры всасывания поступает газ с частичками пыли которые захватываются каплями воды и под действием силы тяжести подаются вниз и выводятся через патрубок вывода шлама, очищенный газ выводится из аппарата.

Далее капли жидкости попадают на каплеулавливающее устройство, осаждаются на цепях и стекают по ним в виде пленки. Газ, поступая в каплеулавливающее устройство, проходит дополнительную очистку за счет взаимодействия с пленкой жидкости на цепях. Далее под действием гравитационных сил происходит осаждение жидкости с уловленной пылью в днище аппарата.

Расчет гидравлического сопротивления цепного каплеулавливающего слоя выполнен на основе определения эквивалентного диаметра каналов такого слоя $d_{\text{э}}$ и диаметре элемента (звена цепи) $d_{\text{з}}$. Расчет значений $d_{\text{э}}$ и $d_{\text{з}}$ приведен в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Расчет значений эквивалентного диаметра $d_{\text{э}}$ для слоя из цепей

Звено	Пористость слоя из цепей, ε	Объем одного звена, V_0 , м ³	Число звеньев, n , 1/м ³	Поверхность одного звена, f_0 , м ²	Удельная поверхность, a , м ² /м ³	Эквивалентный диаметр $d_{\text{э}}$, м	Диаметр фильтрующего элемента (звена), $d_{\text{з}}$, м
Ø4x28 мм	0,72	$1,104 \cdot 10^{-6}$	$2,53 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$2,78 \cdot 10^2$	$1,03 \cdot 10^{-2}$	$7,69 \cdot 10^{-3}$
Ø3x20 мм	0,72	$0,444 \cdot 10^{-6}$	$6,31 \cdot 10^5$	$5,92 \cdot 10^{-4}$	$3,73 \cdot 10^2$	$7,7 \cdot 10^{-3}$	$5,65 \cdot 10^{-3}$

Эти величины найдены в работе по известным формулам [7]:

$$d_{\text{з}} = \frac{4\varepsilon}{a}, \quad (1)$$

$$\frac{w_1 \cdot d_{\text{э}}}{\varepsilon \cdot v} = \frac{0,45}{(1-\varepsilon)\sqrt{\varepsilon}} \cdot \frac{w_1 \cdot d_{\text{з}}}{v}, \quad (2)$$

где ε – пористость "цепного" слоя; a – удельная поверхность элементов такого слоя, м²/м³.

Работу скруббера проверяли на примере абсорбционной очистки газов от оксида серы.

В качестве хемосорбента было принято решение использовать карбонат кальция, полученный в качестве побочного продукта при производстве нитроаммофоски на заводе ОАО «Минудобрения» (рисунок 3).

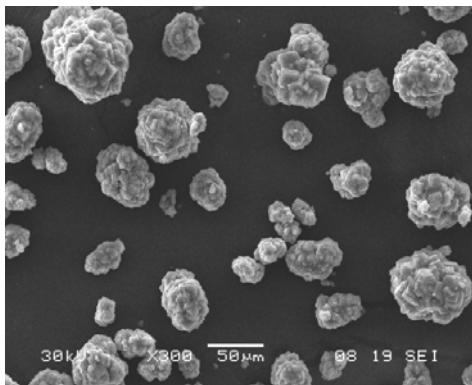


Рисунок 3. Микрофотография сорбента

Данные показывают высокую эффективность улавливания оксидов серы на уровне 99 – 99,4 % (рисунки 4, 5).

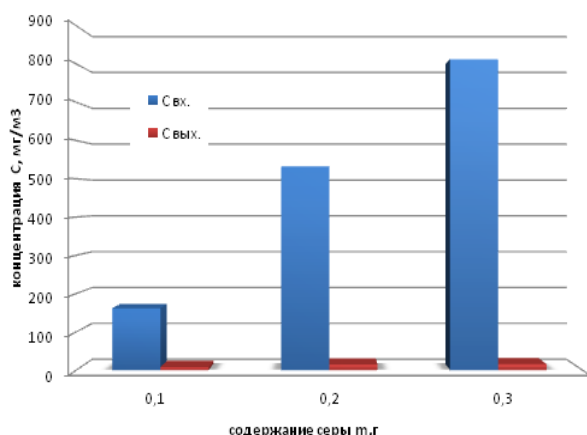


Рисунок 4. Эффективность улавливания SO₂ 5- % раствором сорбента

ЛИТЕРАТУРА

1 Лазарев Н.В., Гадаскина И.Д. Вредные вещества в промышленности: справочник для химиков, инженеров и врачей. М.: Химия, 2001. 608 с.

2 Вихрев Ю. В. Повышение эффективности и улучшение экологических характеристик современных энергоустановок // Энергетик. 2002. № 3. С. 9-10

3 Кол А.Л., Ниелсен Р. Газоочистка: учеб. пособие для студентов. Хьюстон, 1997. 1395 с.

4 ГОСТ Р 50831-95 Установки котельные. Тепломеханическое оборудование. Общие технические требования. М.: Госстандарт России, 1995.

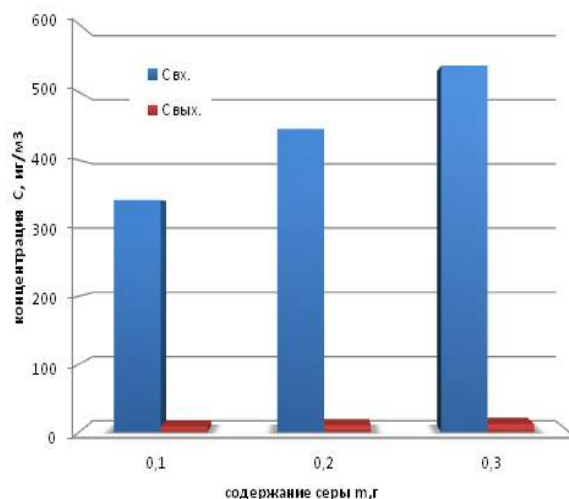


Рисунок 5. Эффективность улавливания SO₂ 10- % раствором сорбента

Предварительные результаты показывают, что при стехиометрическом соотношении Ca/S на входе равном примерно 2,0 выброс SO₂ снижается на 80-90 %, что значительно больше, чем намечалось - 70 %. Что соответствовало остаточной концентрации менее 30 мг/м³. Отчасти это объясняется большей степенью улавливания и отложение сорбента на цепной завесе (не более 20 мг/м³).

Предложенный аппарат для очистки газов позволяет:

- повысить эффективность очистки газов;
- повысить надежность работы;
- повысить степень очистки газового потока без применения дополнительного оборудования;
- снизить металлоемкость и сложность конструкции;
- удешевить процесс очистки;
- упростить конструкцию аппарата.

5 Вальдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. Защита атмосферы: учеб. пособие для вузов. М.: Дрофа, 2008.

6 Заявка на изобретение №153016, Россия. Аппарат для мокрой очистки газов / Панов С.Ю., Химвинга М., Зинковский А.В.; Заявл. 29.11.13.

7 Горемыкин В.А., Красовицкий Ю.В., Логинов А.В., Панов С.Ю. Энергосберегающее пылеулавливание при производстве керамических пигментов по “сухому способу”. Воронеж: Воронежский государственный университет, 2001. 296 с.

REFERENCES

1 Lazarev N.V., Gadaskina I.D. Vredniye veshchestva v promyshlennosti [Harmful substances in industries]. Moscow, Khimiia, 2001. 608 p. (In Russ.).

2 Vikhrev Iu. V. Enhancement of efficiency and improvement of ecological characteristics of modern energy installations. *Energetik*. [Power engineer], 2002, no. 3, pp. 9-10. (In Russ.).

3 Kohl A.L., Nielsen R. Gas purification. Houston, 1997. 1395 p.

4 GOST R 50831-95 Ustanovki koitel'nye. Teplomekhanicheskoye oborudovaniye. Obshchie tekhnicheskie trebovaniia. [Boiler plants. Thermal mechanical equipment. General technical requirements]. Moscow, Gosstandard Russii, 1995. (In Russ.).

5 Val'dberg A.Iu., Nikolaikina N.E. Zashita atmosfery [Protection of the atmosphere]. Moscow, Drofa, 2008. (In Russ.).

6 Panov S.Iu., Himwiinga M., Zinkovskii A.V. Apparat dlia mokroi ochistki gazov [Device for wet treatment of gases]. Application for invention no. 153016, RF. 2013.

7 Goremykin V.A., Krasovitskii Iu.V., Loginov A.V., Panov S.Iu. Energoberegaiushchee pyleulavlivanie pri proizvodstve keramicheskikh pigmentov po sukhomu sposobu [Energy efficient dust removal in the production of ceramic pigments using the "dry method"]. Voronezh, VGU, 2001. 296 p. (In Russ.).

УДК 678.675

Доцент Ж.С. Шашок, доцент А.В. Касперович,
профессор Н.Р. Прокопчук,

(Бел. гос. техн. ун-т) кафедра технологии нефтехимического синтеза и переработки полимерных материалов. тел. (+37517) 327-57-38

E-mail: tnsippm@belstu.by

зам. ген. директора С.Н. Каюшников,

(ОАО «Белшина») тел. (+375225) 447387

Associate Professor Zh.S. Shashok,

associate Professor A.V. Kasperovich, professor N.R. Prokopchuk,

(Bel. state techn. univ.) Department of technology of petrochemical synthesis and processing of polymeric materials. phone. (+37517) 327-57-38

E-mail: tnsippm@belstu.by

deputy general director S.N. Kaiushnikov,

(Jsc "Belshina") phone (+375225) 447387

Влияние рецептурных факторов на свойства протекторных шинных резин

Properties tyre tread rubbers depending on particularity of rubber compound

Реферат. В статье приведены результаты исследований эластомерных композиций на основе натурального каучука, содержащие вулканизирующие группы, различающиеся соотношением «вулканизирующий агент:ускоритель вулканизации». Установлено влияние состава вулканизирующей группы на упруго-прочностные и упруго-деформационные свойства шинных протекторных резин. Показано, что существенное влияние на термоокислительное старение вулканизатов оказывает состав вулканизирующей группы. Приведены результаты исследований стойкости протекторных резин к воздействию повышенных температур. Получены вулканизаты, различающиеся типом и плотностью поперечных связей при варьировании соотношения «вулканизирующий агент:ускоритель вулканизации». Представлены результаты исследований стойкости резин к образованию и разрастанию трещин при различных температурах. Выявлено, что наилучшим сопротивлением образованию и разрастанию трещин при нормальных условиях характеризуется резина с соотношением «вулканизирующий агент:ускоритель вулканизации», равным 1,5:1. Установлено, что динамическая выносливость исследуемых резин зависит в основном от характера и концентрации поперечных связей, а подвижные поперечные связи способствуют повышению работоспособности сетки за счет перегруппировки и уменьшения сульфидности. При нагружении в режиме знакопеременных деформаций и при повышенных температурах лабильность полисульфидных связей отрицательно сказывается на работоспособности резин, а определяющую роль оказывает прочность и термостойкость поперечных связей. Показано, что показатели пространственной сетки резин позволяют косвенно судить о динамической выносливости вулканизатов и прогнозировать работоспособность резин при повышенных температурах в условиях воздействия многократных циклических деформаций. Выявлено, что вулканизирующая система, содержащая серу и ускоритель вулканизации TBBS в соотношении 1:2, способствует образованию наиболее оптимальной структуры вулканизата, обеспечивающей наилучшую стойкость к многократным циклическим деформациям в условиях рабочих температур шины.

Summary. The results of studies of the elastomeric compositions based on natural rubber containing curatives different ratio "curing agent : vulcanization accelerator" listed in this article. Influence of the composition of the vulcanizing group on stress-strain and elastic- deformation properties of tire tread rubber was installed. It has been shown that a significant effect on thermo-oxidative aging of vulcanizates was the composition of the vulcanizing group. Results of studies resistance tread rubber to exposure to elevated temperatures were presented . Vulcanizates differing type and density by varying the cross-linking ratio of "curing agent : vulcanization accelerator" were obtained . Research results in the formation of rubber resistance and crack growth at different temperatures were presented. Revealed that the best education and resistance to tear propagation under normal conditions characterized by rubber ratio "curing agent : vulcanization accelerator" equal to 1.5:1. It has been established that a dynamic endurance study rubbers depends largely on the nature and concentration of the cross-linking cross-links and movable promote increase efficiency due to the grid and reduce the sulfidity rearrangement. During loading mode alternating deformations at elevated temperatures lability of polysulfide bonds negatively affects the performance of rubber, and the decisive role of providing strength and thermal cross-linking. It is shown that the performance of the spatial grid rubbers allow indirectly judge the dynamic vulcanizates endurance and predict performance rubbers at elevated temperatures under conditions of repeated cyclic deformation. Revealed that the vulcanizing system containing sulfur and vulcanization accelerator TBBS 1:2, promotes the formation of the optimal structure of vulcanized rubber , which provides the best resistance to repeated cyclic deformations in the operating temperatures of the tire.

Ключевые слова: вулканизирующая группа, шинная резина, структура вулканизата

Keywords: vulcanizing group, tire rubber, structure of vulcanizate

Основу протекторных резин автомобильных шин составляют каучуки общего назначения, такие как НК, СКИ-3, БСК, СКД. Наличие двойных связей в макромолекулах данных каучуков позволяет осуществлять вулканизацию с использованием серы в качестве вулканизирующе-

го агента. При этом образуются поперечные связи различной химической структуры, что оказывает существенное влияние на свойства резин.

© Шашок Ж.С., Касперович А.В., Прокопчук Н.Р., Каюшников С.Н., Карманова О.В., 2014

Наличие большого количества полисульфидных связей в структуре вулканизата приводит к ухудшению теплостойкости и уменьшению стойкости к реверсии. В тоже время, увеличение длины поперечной связи способствует облегчению перегруппировки молекулярных цепей при воздействии механических напряжений. Наилучшим комплексом свойств, как правило, обладают резины, содержащие одновременно поперечные связи различной сульфидности, при этом желателен равномерное распределение химических связей в объеме резины [1, 2]. Вулканизация серой в присутствии ускорителей позволяет получать вулканизаты с широким набором связей от углерод-углеродных до полисульфидных, причем сульфидность связей зависит от типа и количества применяемого ускорителя [3].

Наиболее широко в шинной промышленности применяются сульфенамидные ускорители вулканизации. Для резин на основе полиизопренов, характеризующихся высокой склонностью к подвулканизации и скоростью вулканизации рекомендуется применение ускорителей замедленного действия типа сульфенамида Т (TBBS) и сульфенамида 2Ц (DCBS). С целью повышения стойкости к реверсии и теплостойкости резин целесообразно применять умень-

шенное соотношение серы и ускорителя (полуэффективные вулканизирующие системы) [2, 4].

Целью данной работы было определение влияния состава вулканизирующей группы на упруго-прочностные и упруго-деформационные свойства шинных протекторных резин. Объектами исследования являлись эластомерные композиции на основе натурального каучука, различающиеся отношением вулканизирующего агента к ускорителю. Использовались серные полуэффективные вулканизирующие системы.

Высокая термоокислительная стойкость и динамическая выносливость являются одними из основных требований, предъявляемых к шинным протекторным резинам, поскольку в процессе эксплуатации данный элемент покрышки подвержен воздействию как циклических механических нагрузок, так и повышенных температур ввиду теплообразования и воздействия окружающей среды.

Существенное влияние на термоокислительное старение вулканизатов оказывает состав вулканизирующей группы, которая ответственна за образование структуры вулканизационной сетки [3]. В таблице 1 приведены результаты исследований стойкости протекторных резин к воздействию повышенной температуры.

Т а б л и ц а 1

Изменение упруго-прочностных показателей резин до и после теплового старения на воздухе в течение 16 часов при 120°C (без воздухообмена)

Вулканизирующая группа	Относительное удлинение при разрыве, %		Условная прочность при растяжении, МПа		Коэффициент старения по относительному удлинению при разрыве	Коэффициент старения по условной прочности при растяжении
	до старения	после старения	до старения	после старения		
1,0 масс.ч. S + 2,0 масс.ч. TBBS	510	440	28,7	24,1	0,86	0,84
2,0 масс.ч. S + 0,8 масс.ч. TBBS	480	305	29,0	16,4	0,63	0,57
1,5 масс.ч. S + 1,0 масс.ч. TBBS	500	378	29,5	23,3	0,76	0,79
1,5 масс.ч. S + 1,5 масс.ч. TBBS	485	380	29,1	18,3	0,78	0,63

Из представленных данных видно, что резина, содержащая полуэффективную вулканизирующую систему с минимальным содержанием серы (1,0 масс.ч. S + 2,0 масс.ч. TBBS), характеризуется повышенной стойкостью к термоокислительной деструкции по сравнению с другими исследуемыми резинами. Так, коэффициент стойкости к старению по относительному удлинению при разрыве в данном случае равен 0,86, а по условной прочности при растяжении – 0,84.

Структура поперечных связей вулканизата с полуэффективной вулканизирующей системой характеризуется содержанием поли-, дисульфидных поперечных связей и моносульфидных поперечных связей в соотношении 50 % : 50 % [5], вероятно, в данном случае сформировавшаяся вулканизационная сетка полимера обеспечивает наибольшую стойкость резины к воздействию повышенной температуры. В резинах на основе высоконасыщенных каучуков влияние концентрации поперечных

связей на термоокислительную стойкость проявляется более заметно, чем в резинах на основе каучуков с малой неопределенностью, поскольку при вулканизации двойные связи расходуются и, следовательно, уменьшается количество активных по отношению к кислороду и термическим воздействиям центров [3].

Варьируя соотношение «вулканизирующий агент : ускоритель вулканизации» можно получать вулканизаты, различающиеся не только типом поперечных связей, но и плотностью поперечной сшивки. В таблице 2 представлена характеристика пространственной сетки исследуемых резин.

Т а б л и ц а 2

Показатели пространственной сетки исследуемых резин

Вулканизирующая группа		Средняя молекулярная масса отрезка цепи, заключенного между двумя поперечными связями, кг/моль	Количество поперечных связей, содержащихся в 1 см ³ вулканизата, $\times 10^{-19}$	Плотность сшивки, моль/см ³ $\times 10^5$
1,0 масс.ч. S +	до старения	14445,57	3,836	6,37
2,0 масс.ч. TBBS	после старения	14940,62	3,709	6,16
2,0 масс.ч. S +	до старения	13347,74	4,151	6,89
0,8 масс.ч. TBBS	после старения	13093,95	4,239	7,04
1,5 масс.ч. S +	до старения	13675,79	4,052	6,73
1,0 масс.ч. TBBS	после старения	12691,74	4,366	7,25
1,5 масс.ч. S +	до старения	12914,96	4,291	7,12
1,5 масс.ч. TBBS	после старения	14850,36	3,732	6,20

В результате исследований установлено, что максимальной плотностью поперечной сшивки ($7,12 \times 10^{-5}$ моль/см³) характеризуется эластомерная композиция с вулканизирующей системой 1,5 масс.ч. S + 1,5 масс.ч. TBBS. Однако, в резине на основе данной композиции, в процессе теплового старения происходят значительные структурные изменения, приводящие к ухудшению прочностных свойств вулканизата (условная прочность при растяжении до теплового старения – 29,1 МПа, после старения – 18,3 МПа), что может быть обусловлено неоднородностью вулканизационной сетки. В резинах, содержащих вулканизирующую группу составов: 2,0 масс.ч. S + 0,8 масс.ч. TBBS и 1,5 масс.ч. S + 1,0 масс.ч. TBBS, при воздействии повышенной температуры, наблюдается увеличение плотности поперечной сшивки, что характерно при протекании процессов структурирования. Данный характер изменения структуры вулканизатов может быть обусловлен перегруппировкой поперечных поли-

сульфидных связей. Вулканизирующая система, содержащая серу и ускоритель вулканизации TBBS в соотношении 1 : 2, по-видимому, способствует образованию наиболее оптимальной структуры вулканизата, стойкой к воздействию повышенной температуры.

Утомление резин при циклическом нагружении является результатом сложного комплекса физических и химических процессов, активированных механическими напряжениями. В процессе утомления происходит непосредственная деструкция полимера и активированное окисление каучука под действием многократных периодических нагрузок. Одной из причин увеличения скорости разрушения резин при циклических деформациях является разогрев материала в результате гистерезисных потерь. При этом с повышением температуры происходит увеличение скорости процесса старения и скорости образования и роста микротрещин в местах концентрации напряжений, что приводит к снижению долговечности резин.

Т а б л и ц а 3

Результаты испытаний образцов резин на сопротивление образованию и разрастанию трещин при многократном изгибе

Вулканизирующая группа	Температура испытаний/количество циклов		
	при нормальных условиях	60 °C	90 °C
1,0 масс.ч. S + 2,0 масс.ч. TBBS	137000	93100	23900
2,0 масс.ч. S + 0,8 масс.ч. TBBS	35500	12050	9970
1,5 масс.ч. S + 1,0 масс.ч. TBBS	221000	58600	13900
1,5 масс.ч. S + 1,5 масс.ч. TBBS	23700	10000	9100

Сравнительный анализ данных показал, что лучшим сопротивлением образованию и разрастанию трещин (221000 циклов) при нормальных условиях характеризуется резина, содержащая 1,5 масс.ч. S + 1,0 масс.ч. TBBS. Резины, содержащие вулканизирующие системы составов 2,0 масс.ч. S + 0,8 масс.ч. TBBS и 1,5 масс.ч. S + 1,5 масс.ч. TBBS, имеют довольно низкие значения показателя стойкости к разрастанию трещин (35500 и 23700 циклов, соответственно). Динамическая выносливость исследуемых резин зависит в основном от характера и концентрации поперечных связей [3]. Более плотная структура вулканизатов с короткими поперечными связями в сетке препятствует перемещению элементов сетки и выравниванию внутренних напряжений, возникающих при деформации, что приводит к возникновению критических напряжений в отдельных узлах и разрыву связи с образованием дефекта. Подвижные поперечные связи способствуют повышению работоспособности сетки за счет перегруппировки и уменьшения сульфидности. В то же время при нагружении в режиме знакопеременных деформаций и при повышенных температурах лабильность полисульфидных связей будет отрицательно сказываться на работоспособности резин. В данном случае определяющую роль будет оказывать прочность и термостойкость поперечных связей.

Исследования свойств резин при повышенных температурах показали, что с увеличением температуры испытаний резина, характеризующаяся более высокими показателями стойкости к образованию и разрастанию трещин при нормальных условиях уступает по свойствам резине, содержащей 1,0 масс.ч. S + 2,0 масс.ч. TBBS. Так, при температурах 60 °C и 90 °C резина с максимальным содержанием ускорителя вулканизации (2,0 масс.ч. TBBS) имеет в 1,6-1,7 раз выше

стойкость к разрастанию трещин, чем резина с 1,0 масс.ч. TBBS. В данном случае, вероятно, определяющую роль на стойкость резин к многократным циклическим деформациям оказывает природа поперечной связи. В таблице 4 приведены результаты исследования пространственной сетки вулканизатов до и после испытания при различных температурах в условиях многократного продольного изгиба. Из таблицы видно, что резины с 2,0 масс.ч. S + 0,8 масс.ч. TBBS и 1,5 масс.ч. S + 1,5 масс.ч. TBBS имеют самые высокие значения плотности поперечной сшивки ($10,04 \times 10^{-5}$ моль/см³ и $10,08 \times 10^{-5}$ моль/см³), что и обуславливает низкие значения усталостной выносливости данных резин. Резина, содержащая 1,0 масс.ч. S + 2,0 масс.ч. TBBS имеет наименьшую плотность поперечной сшивки ($9,21 \times 10^{-5}$ моль/см³), но тем не менее уступает по сопротивлению образованию и разрастанию трещин резине с 1,5 масс.ч. S + 1,0 масс.ч. TBBS при нормальных условиях, что по-видимому и обусловлено природой поперечных связей. Увеличение содержания серы и уменьшение содержания ускорителя вулканизации приводит к образованию вулканизационной сетки с большим количеством полисульфидных связей, которые при повышенных температурах характеризуются меньшей термостойкостью.

Таким образом, результаты исследований показали, что соотношение «вулканизирующий агент : ускоритель вулканизации» оказывает значительное влияние на структуру и природу поперечных связей вулканизата. Определение показателей пространственной сетки резин позволяет косвенно судить о динамической выносливости вулканизатов и прогнозировать работоспособность резин при повышенных температурах в условиях воздействия многократных циклических деформаций.

Т а б л и ц а 4

Показатели пространственной сетки исследуемых резин

Вулканизирующая группа		Средняя молекулярная масса отрезка цепи, заключенного между двумя поперечными связями, кг/моль	Количество поперечных связей, содержащихся в 1 см ³ вулканизата $\times 10^{-19}$	Плотность сшивки, моль/см ³ $\times 10^5$
1	2	3	4	5
1,0 масс.ч. S + 2,0 масс.ч. TBBS	до изгиба	9995,20	5,544	9,21
	после изгиба при н. у.	14170,22	3,910	6,49
	после изгиба при 60 °C	12408,24	4,525	7,51
	после изгиба при 90 °C	14128,23	3,922	6,51

1	2	3	4	5
2,0 масс.ч. S + 0,8 масс.ч. TBBS	до изгиба	8856,14	6,259	10,04
	после изгиба при н. у.	13016,06	4,257	7,07
	после изгиба при 60 °С	12570,63	4,408	7,32
	после изгиба при 90 °С	12882,66	4,301	7,14
1,5 масс.ч. S + 1,0 масс.ч. TBBS	до изгиба	9471,07	5,851	9,71
	после изгиба при н. у.	13509,01	4,104	6,81
	после изгиба при 60 °С	13578,37	4,081	6,78
	после изгиба при 90 °С	13681,67	4,052	6,73
1,5 масс.ч. S + 1,5 масс.ч. TBBS	до изгиба	8515,21	6,507	10,08
	после изгиба при н. у.	12487,49	4,438	7,37
	после изгиба при 60 °С	12398,75	4,469	7,42
	после изгиба при 90 °С	12466,01	4,446	7,38

ЛИТЕРАТУРА

1 Корнев А. Е., Буканов А. М., Шевердяев О.Н. Технология эластомерных материалов. М.: НППА «Истек», 2009. 500 с.

2 Пичугин А. М. Материаловедческие аспекты создания шинных резин. М.: Машиностроение, 2008. 383 с.

3 Жовнер Н. А. и др. Структура и свойства материалов на основе эластомеров: учеб. пособие. Омск: Филиал РосЗИТЛП, 2003. 276 с.

4 Овчаров В. И., Бурмистр М. В., Тютин В. А. Свойства резиновых смесей и резин: оценка, регулирование, стабилизация. М.: САНТ-ТМ, 2001. 400 с.

5 Гришин Б. С. Материалы резиновой промышленности (информационно-аналитическая база данных). Казань: Казан. гос. технолог. ун-т, 2010. 506 с.

REFERENCES

1 Kornev A. E, Bukanov A. M., Sheverdiaev O.N. Tekhnologiya elastomernykh materialov [Technology of elastomeric materials]. Moscow, NPPA "Istek", 2009. 500 p. (In Russ.).

2 Pichugin, A. M. Materialovedcheskie aspekty sozdaniia shin [Materials research aspects of creation tire rubbers]. Moscow, Mashinostroenie, 2008. 383 p. (In Russ.).

3 Zhovner, N. A. et al Struktura i svoistva materialov na osnove elastomerov [Structure and properties of materials on the basis of elastoplastics]. – Omsk, Filial RusZITLP, 2003. 276 p. (In Russ.).

4 Ovcharov V. I., Burmistr M. V., Tiutin V. A. Svoistva rezinovykh smesei i razin: otsenka, regulirovanie, stabilizatsiia [Properties of rubber compounds and rubber: assessment, regulation, stabilization]. Moscow, SANT-TM, 2001. 400 p. (In Russ.).

5 Grishin B. S. Materialy rezinivoi promyshlennosti (infomatsionno-analiticheskaia baza dannykh) [Materials of rubber industry (an informational and analytical database)]. Kazan, KSTU, 2010. 506 p. (In Russ.).

УДК 543.27.274: 53.087.92

Профессор Т.А. Кучменко, студент А.А. Богдаев,
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.
тел. (473)-255-07-62
E-mail: tak1907@mail.ru

Professor T.A. Kuchmenko, student A.A. Bogdaev
(Voronezh state university of engineering technology) Department of physical and analytical chemistry. phone (473)-255-07-62
E-mail: tak1907@mail.ru

Сравнение эксплуатационных характеристик пьезорезонаторов ОАВ-типа для создания химических сенсоров

Comparison of performance piezo resonators BAW-type to create chemical sensor

Реферат. В настоящее время актуально создание малогабаритных недорогих аналитических устройств. Миниатюризация и удешевление газовых сенсоров колебательного типа связана с возможностью использования резонаторов меньших, чем традиционно применяемых размеров невысокой стоимости. В исследовании применяли сенсоры двух типов: выполненные на базе резонаторов объемных акустических волн (ОАВ) марки РК 169 с частотой автоколебаний 10 МГц и мини-сенсоры, выполненные на базе резонаторов марок МВС 10000 и МВС 15000 с частотами автоколебаний 10 и 15 МГц соответственно. В качестве модификатора электродов использовали хроматографический сорбент полиэтиленгликоль ПЭГ-2000. Проверку чувствительности микровзвешивания и оценку других эксплуатационных свойств сенсоров проводили в парах хлороформа, пропанола-2 и бензола. Из-за горизонтального расположения кварцевой пластины мини-резонатор имеет меньшую доступную поверхность сорбции, вследствие чего наблюдается снижение аналитических сигналов по сравнению с традиционно применяемыми резонаторами. Для мини-сенсоров установлена масса модифицирующего покрытия до срыва автоколебаний, которая не превышает 3 мкг, что на порядок меньше, чем для традиционно применяемых систем. Установлено, что отклики мини-сенсоров в парах тест-соединений выше, чем у традиционно применяемых. При этом отклики тем больше, чем больше базовая частота колебаний резонатора и масса наносимого покрытия. В результате исследования установлено, что мини-сенсоры могут использоваться для решения узкого круга задач в анализе, их чувствительность выше, чем у традиционно применяемых сенсоров, но они имеют существенные ограничения по массе модифицирующего покрытия.

Summary. Currently creation of small inexpensive analytical devices is very actual. Possibility of miniaturization vibrational gas sensors is associated with the possibility of using resonators smaller than the traditionally used sizes. The study used two types of sensors: sensors based on BAW resonators brand RK 169 with frequency of self-oscillation of 10 MHz and a mini - sensors, resonators based on BAW resonators brand MBC 10000 and MBC 15000 with frequencies of self-oscillation of 10 and 15 MHz respectively. As modifier of electrodes polyethylene glycol PEG 2000 was used. Check of sensitivity of microbalance and evaluation other performance properties of sensors was carried in pairs chloroform, 2-propanol and benzene. Mini -sensor has a smaller surface available sorption, whereby mini-sensors have a smaller analytical signal as compared traditional used resonators. Mass of coating which cause failure of self-oscillation for mini -sensors does not exceed 3 mcg and it is much smaller than for traditionally used sensors. It has been established that the analytical signal of mini-sensors in pairs of test compounds is higher than analytical signal of traditionally used sensors. Analytical signal is more for sensors with higher mass of coating and for sensors with higher self-oscillation frequency. The study found that the mini-sensors can be used for a narrow range of problems in the analysis. the sensitivity of mini-sensors is higher than that traditionally used sensors, but they have significant limitations on weight of coating.

Ключевые слова: сенсор, пьезокварцевое микровзвешивание, геометрия резонаторов, миниатюризация сенсоров, анализ газовых сред.

Keywords: QCM, the geometry of resonator, miniaturization of sensors, the analysis of gases.

В настоящее время в аналитической практике широко применяются различные резонансные системы в качестве трансдюсеров газовых сенсоров: резонаторы объемных (ОАВ, BAW) [1, 2, 3], поверхностных (ПАВ, SAW) [4] акустических волн, микроконсоли [5, 6]. Каждый тип резонансных сенсоров имеет свои преимущества и ограничения, характеризуется различными эксплуатационными

характеристиками и, как следствие, областью применения, набором решаемых задач.

Особенно актуально создание малогабаритных и недорогих аналитических устройств для экспрессного определения легколетучих соединений в промышленных, природных объектах, пищевых и непищевых материалах [7].

© Кучменко Т.А., Богдаев А.А., 2014

Миниатюризация и удешевление газочувствительных сенсоров на основе колебательных систем связана с возможностью использования резонаторов меньших размеров, чем традиционно применяемых для создания химических сенсоров, отличающихся невысокой стоимостью. Поэтому актуален поиск новых видов преобразователей, в том числе колебательных, отвечающих требованиям современной сенсорики.

Более 50 лет при разработке газовых сенсоров в качестве преобразователей сигнала применяются пьезокварцевые резонаторы ОАВ-типа с диаметром кварцевой пластины 5-10 мм, с двусторонним размещением металлических электродов диаметром 3-5 мм. Сенсоры на их основе применяются как в качестве индивидуальных измерительных устройств, элементов детекторов, так и в массиве из 4-64 элементов в системах «электронный нос» [3]. Объем рабочей камеры (детектора) определяется геометрией преобразователя, поэтому для уменьшения этой части приборов на основе пьезосенсоров необходимы преобразователи эффекта взаимодействия аналита с сорбентом меньших геометрических размеров.

Известно, что наибольшее влияние на чувствительность микровзвешивания оказывает базовая частота колебаний резонатора. В соответствии с моделью Зауэрбрея [2], аналитический сигнал находится в квадратичной зависимости от базовой частоты, и чем она больше, тем больше отклик сенсора при прочих равных условиях. Поэтому в последнее время при разработке высокочувствительных газовых сенсоров предпочтение отдают резонаторам, колеблющимся с высокой частотой.

Цель исследования – оценить некоторые эксплуатационные характеристики высокочастотных пьезокварцевых резонаторов ОАВ-типа с одной рабочей поверхностью в качестве химических мини-сенсоров.

В ходе исследования решались задачи по определению массовой чувствительности, предельной нагрузки по массе плёнки модификатора, диапазона оптимальных масс, времени отклика, регенерации на примере пленки широко применяемой хроматографической фазы – полиэтиленгликоль ПЭГ-2000.

В исследовании применяли сенсоры двух типов: на основе традиционных и мини-преобразователей. Химические сенсоры изготавливали на основе пьезоэлектрических кварцевых резонаторов ОАВ-типа марки РК 169 с базовой частотой колебаний 10 МГц и $S_{эл} = 0,2 \text{ см}^2$ (стандартные), мини-сенсоры - на базе кварцевых ре-

зонаторов марки МВС 10000 и МВС 15000 с базовой частотой колебаний 10 и 15 МГц соответственно, $S_{эл} = 0,053 \text{ см}^2$ (рисунок 1).

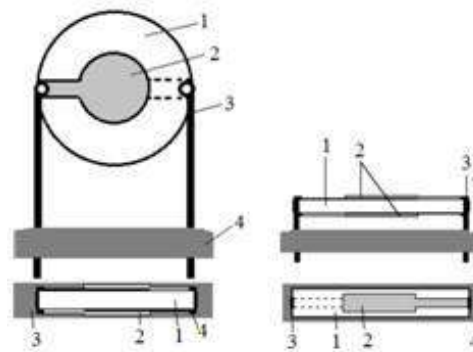


Рисунок 1. Устройство стандартного и мини-резонатора: 1 – кварцевая пластина, 2 – электроды, 3 – элементы крепления, 4 – основание.

Электроды обоих видов резонаторов модифицировали методом статического испарения капли ацетонового раствора ПЭГ-2000.

Так как для мини-сенсоров масса покрытия до срыва автоколебаний (предельная нагрузка по массе) неизвестна, то варьировали объем раствора сорбента так, чтобы с учётом практически полного (порядка 80 %) удаления ацетона при сушке масса плёнки составляла от 1 до 3 мкг. Применяли два варианта нагрузки резонатора: симметричная – на два электрода, асимметричная – с одной стороны кварцевой пластины. Для сравнения возможностей стандартных и мини-сенсоров использовали многоканальный анализатор газов «МАГ-8» (ООО «Сенсорные технологии», Воронеж) с 8-ю каналами для сенсоров и ячейкой детектирования объемом 60 см³. Массив комплектовали сенсорами, различающимися по геометрической конфигурации, базовой частоте, массе и вариантам наносимого покрытия.

В качестве тест-веществ при оценке эксплуатационных свойств пьезосенсоров применяли пары хлороформа, бензола, пропанола-2 квалификации «х.ч.».

Каждый сенсор характеризуется: базовой частотой резонатора (F_0 , кГц), частотой сенсора после модификации плёнкой сорбента ($F_{пл}$, Гц), массой модифицирующего покрытия ($m_{пл}$, мкг). Аналитической информацией, позволяющей сравнить эксплуатационные параметры сенсоров, являются: максимальный отклик сенсора при экспонировании в парах тест-веществ (ΔF_c , Гц), массовая чувствительность микровзвешивания (S_m , Гц*м³/мг), относительный дрейф базовой частоты при нагрузке после не менее, чем 5-10 циклов «экспони-

рование в парах тест-веществ – регенерация ячейки детектирования» ($\sigma F_{др10}$, %).

Для расчета S_m сенсоров использовались справочные значения давлений насыщенных паров тест-веществ при температуре эксперимента [8].

Все результаты микровзвешивания проверены на статистическую надежность.

Исходные характеристики каждого резонатора приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Характеристики применяемых резонаторов без покрытий

Номер сенсора	Маркировка	Описание маркировки	Базовая частота резонатора F_0 , кГц	$m_{пл}$, мкг
I	МВЧТ (15)	Мини-сенсор	14991,489	Без покрытия
II	МВЧ1 (15)	Мини-сенсор	14991,929	1,22
III	МВЧ2 (15)	Мини-сенсор	14991,698	2,73
IV	М1 (10)	Мини-сенсор	9996,150	2,80
V	БА1 (10)	Стандартный сенсор	9996,136	1,19
VI	БА2 (10)	Стандартный сенсор	9994,962	2,66
VII	БС1 (10)	Стандартный сенсор	9991,290	1,27
VIII	БС2 (10)	Стандартный сенсор	9996,273	2,76

Мини-сенсоры ОАВ-типа отличаются от традиционно применяемых меньшими размерами ($S_{эл} = 0,053 \text{ см}^2$) и горизонтальным расположением кварцевой пластины, возможностью модификации пленками сорбентов только одного из двух электродов. Такое расположение электродов исходно определяет асси-

метричную нагрузку на пластину, что может снижать добротность преобразователя.

На первом этапе эксперимента в идентичных условиях оценили отклики исходных (немодифицированных) резонансных систем в парах тест-веществ (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Значения ΔF_c , S_m для резонаторов без покрытий в парах тест-веществ ($n = 5$, $P = 0,95$)

Номер сенсора	Маркировка	Хлороформ		Пропанол-2		Бензол	
		$\Delta F_c \pm \Delta$, Гц	S_m , Гц·м ³ /мг	$\Delta F_c \pm \Delta$, Гц	S_m , Гц·м ³ /мг	$\Delta F_c \pm \Delta$, Гц	S_m , Гц·м ³ /мг
I	МВЧТ	4±1	0,23	2±1	1,13	2±1	0,37
II	МВЧ1	4±1	0,23	2±1	1,13	2±1	0,37
III	МВЧ2	4±1	0,23	1±1	0,57	2±1	0,37
IV	М1	2±1	0,11	1±1	0,57	1±1	0,19
V	БА1	8±1	0,46	3±1	1,70	3±1	0,56
VI	БА2	7±1	0,40	2±1	1,13	3±1	0,56
VII	БС1	5±1	0,29	2±1	1,13	2±1	0,37
VIII	БС2	6±1	0,34	3±1	1,70	3±1	0,56

Горизонтальное расположение кварцевой пластины мини-сенсора приводит к уменьшению доступной поверхности сорбции. По сравнению с традиционными резонаторами при доступном расположении электродов с двух сторон пластины наблюдается существенное снижение сигналов откликов сенсоров при одинаковой нагрузке.

Массовая чувствительность немодифицированных резонаторов тем выше, чем больше собственная резонансная частота колеба-

ний кристалла F_0 , что согласуется с общей теорией микровзвешивания Зауэрбрея [2]. Согласно теории и базовому уравнению Зауэрбрея, увеличение резонансной частоты колебаний резонатора с 10 до 15 МГц должно привести к увеличению отклика в 2 раза, что подтверждено результатами эксперимента: вне зависимости от выбора тест-вещества резонаторы I, II и III имеют отклики в 2 раза выше, чем резонатор IV.

Важной характеристикой трансдюсера является предельная масса модифицирующего покрытия до срыва автоколебаний кварцевой пластины.

Для сенсоров на основе преобразователя МВС 15000 предельная масса покрытия для плёнки ПЭГ-2000 не превышает $3,0 \pm 0,3$ мкг. Это значительно меньше предельной массы при использовании традиционных пьезорезонаторов ОАВ-типа с двусторонней нагрузкой на электроды, которая для пленки ПЭГ-2000 по теоретическим расчетам составляет 220 мкг [3], а на практике не более 40 мкг.

Для сравнения чувствительности взвешивания паров тест-веществ составляли мини- и стандартные сенсоры в массив.

Сенсоры V (БА1) и VII (БА2) отличаются от стандартных тем, что сорбционное покрытие на них нанесено с одной стороны, т.е. они асимметрично нагружены.

Сенсоры изготавливали так, чтобы можно было проследить влияние каждого изменяемого параметра, например: сенсоры III, IV, VI, VIII и II, V, VII имеют близкие по массе покрытия, но различаются площадью электродов, расположением и геометрическими характеристиками кварцевых пластин и видом нагрузки плёночной. Оценивали отклики сенсоров в массиве в парах тест-веществ (таблица 3).

Т а б л и ц а 3

Значения ΔF_c , S_m для сенсоров в парах тест-веществ ($n = 10$, $P = 0,95$)

Номер сенсора	Хлороформ		Пропанол-2		Бензол	
	$\Delta F_c \pm \Delta$, Гц	S_m , Гц•м ³ /мг	$\Delta F_c \pm \Delta$, Гц	S_m , Гц•м ³ /мг	$\Delta F_c \pm \Delta$, Гц	S_m , Гц•м ³ /мг
I	3 ± 1	0,17	2 ± 1	1,13	2 ± 1	0,37
II	15 ± 1	0,86	6 ± 1	3,40	4 ± 1	0,74
III	32 ± 1	1,84	11 ± 1	6,24	10 ± 1	1,85
IV	11 ± 1	0,63	3 ± 1	1,70	3 ± 1	0,56
V	9 ± 1	0,52	3 ± 1	1,70	4 ± 1	0,74
VI	8 ± 1	0,46	3 ± 1	1,70	3 ± 1	0,56
VII	8 ± 1	0,46	3 ± 1	1,70	3 ± 1	0,56
VIII	9 ± 1	0,51	4 ± 1	2,27	3 ± 1	0,56

При микровзвешивании паров хлороформа отклики ΔF_c и массовая чувствительность S_m сенсоров IV -VIII существенно не отличаются, при этом сенсор III имеет наибольшие значения ΔF_c и S_m , а сенсор I имеет наименьшие показатели, т.к. не имеет модификатора на электродах. Аналогичная закономерность наблюдается при сорбции паров более полярного вещества пропанола-2 и менее полярного, чем хлороформ, бензола. Таким

образом, чувствительность мини-сенсоров к выбранным тест-веществам выше, чем у стандартных сенсоров. Массовая чувствительность сенсора тем выше, чем больше частота резонатора F_0 и чем больше $m_{пл}$, что согласуется с общепринятой теорией микровзвешивания Зауэрбрея.

В качестве значимого эксплуатационного параметра оценивали величину дрейфа базовых частот сенсоров (таблица 4).

Т а б л и ц а 4

Относительный дрейф базовых частот сенсоров в парах тест-веществ

Номер сенсора	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
$\sigma F_{др10}(\text{CHCl}_3)$	$-2,0 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$-6,0 \cdot 10^{-2}$	$-1,0 \cdot 10^{-2}$	$-4,7 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-2}$
$\sigma F_{др10}(\text{i-OH})$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$2,2 \cdot 10^{-1}$	$1,4 \cdot 10^{-1}$	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$1,6 \cdot 10^{-1}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$
$\sigma F_{др10}(\text{C}_6\text{H}_6)$	$6,7 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$	$3,5 \cdot 10^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-1}$	$9,0 \cdot 10^{-2}$	$2,8 \cdot 10^{-1}$	$-3,0 \cdot 10^{-2}$	$8,0 \cdot 10^{-2}$

Для всех сенсоров наблюдается идентичная зависимость величины относительного дрейфа от природы тест-вещества: для хлороформа относительный дрейф частоты минимален, он возрастает в парах пропанола-2 и максимален в парах бензола. Это объясняется природой взаимодействия сорбента и тест-вещества – пропанол-2 и бензол частично рас-

лен, он возрастает в парах пропанола-2 и максимален в парах бензола. Это объясняется природой взаимодействия сорбента и тест-вещества – пропанол-2 и бензол частично рас-

творяют плёнку ПЭГ-2000 на сенсоре. Установлено, что мини-сенсоры чувствительнее к изменению внешних условий, чем стандартные, причём с увеличением базовой частоты возрастает величина относительного дрейфа сенсора.

В результате исследования установлено, что пьезокварцевые мини-сенсоры могут использоваться в анализе, их чувствительность

выше чувствительности сенсоров стандартной конфигурации, но они имеют существенные ограничения по массе плёнки модификатора и в большей степени зависимы от внешних условий, поэтому могут применяться в стабильных условиях эксплуатации и определять содержание паров и газов на микроуровне р.р.м.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Власов Ю.Г. Проблемы аналитической химии, том 14: химические сенсоры. М.:Наука, 2011. С. 127-176.
- 2 Sauerbrey G. G. Z. Phys, 1964, no. 2, pp. 457-463.
- 3 Кучменко Т. А. Применение метода пьезокварцевого микровзвешивания в аналитической химии. Воронеж, ВГТА. 2001. 280 с.
- 4 Джексон Р.Г. Новейшие датчики. М.: Техносфера, 2007. С. 90-96.
- 5 Шашкин В.И., Вopilкин Е.А., Восток Н.В., Климов А.Ю. и др. Изготовление микроконсоль и управление их изгибом // Микросистемная техника. 2004. № 9. С. 22-26.
- 6 Springer Handbook of nanotechnology. Bharat Bushan edition, 2004. 1916 p.
- 7 Русанова Т.Ю., Таранов В.А., Штыков С.Н., Горячева И.Ю. Пьезокварцевый иммуносенсор на основе плёнок Ленгмюра – Блоджетт для определения пирена в водных среда // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2009. № 5. С. 23-27.
- 8 Никольский Б.П. Справочник химика. Л.: Химия, 1965. С. 54-67.

REFERENCES

- 1 Vlasov Yu.G. Problemy analiticheskoi khimii, tom 14: khimicheskie sensory [Problems of analytical chemistry, part 14: chemical sensors]. Moscow, Nauka, 2011. 399 p. (in Russ.)
- 2 Sauerbrey G. G. Z. Phys, 1964, no. 2, pp. 457-463.
- 3 Kuchmenko T.A. Primenenie metoda p'ezokvartseвого mikrovzveshivaniia v analiticheskoi khimii [Application of the quartz crystal microbalance in analytical chemistry]. Voronezh, VGTA, 2001. 280 p. (in Russ.)
- 4 Jackson R.G. Novel sensors and sensing, Institute of physics publishing Bristol and Philadelphia, 2007. 280 p.
- 5 Shashkin V.I., Vopilkin E.A., Vostocov N.V., Klimov A.Iu. et al. Making microcantilevers and managing their bend. *Mikrosistemnaia tekhnika*. [Microsystems technology], 2004, no. 9, pp. 22-26. (in Russ.)
- 6 Springer Handbook of nanotechnology. Bharat Bushan edition, 2004. 1916 p.
- 7 Rusanova T.Iu., Taranov V.A., Shtykov S.N. Goriacheva I.Iu. Piezoelectric immunosensor based on the Langmuir - Blodgett to determine pyrene in aqueous med.a, *Zavodskaiia laboratoriia. Diagnostika materialov* [Plant Laboratory. Diagnostics of Materials], 2009, no. 5, pp. 23-27. (In Russ.)
- 8 Nikolskii B.P. Spravochnik khimika [Chemist's Handbook]. Leningrad, Khimia, 1965. 1005 p. (in Russ.)

Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов

УДК 664.1.03

Профессор В.А. Голыбин, аспирант К.В. Голова,
студент К.В. Воскобойник,
(Воронеж. гос. универ. инженер. технол.) кафедра технологии броидильных
и сахаристых производств. тел. (473) 255-37-32
E-mail: kristinagolova@yandex.ru
преподаватель О.С. Насонова
(ФГОУ СПО «Жердевский колледж сахарной промышленности») тел. (47535) 5-45-08

Professor V.A. Golybin, postgraduate K.V. Golova,
student K.V. Voskobojnik
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of Technology
of Fermentation and sugar industries",
Tel.: (473) 255-37-32
E-mail: kristinagolova@yandex.ru
teacher O.S. Nasonova
"Zherdevsky College of sugar industry", tel.: (47535) 5-45-08

Влияние отдельных факторов на эффективность очистки сока в процессе II сатурации

The influence of individual factors on the effectiveness of juice purification in the process of II saturation

Реферат. Изучено влияние редуцирующих веществ на завершающем этапе известково-углекислотной очистки диффузионного сока. Присутствие значительных количеств редуцирующих веществ в соке I сатурации способствует увеличению цветности и кальциевых солей в очищенном продукте. Является актуальным применение дополнительных способов и методов очистки производственных сахаросодержащих растворов на завершающем этапе известково-углекислотной очистки – II сатурации, что позволит увеличить полноту осаждения органических и минеральных несахаров, повысить качество очищенного сока, увеличить выход белого сахара и улучшить его качество. Исследовано влияние фильтроперлита в качестве затравочного материала для формирования структуры частиц осадка карбоната кальция с большей поверхностью адсорбции. Изучено влияние ввода фосфата для дополнительного повышения эффективности адсорбции в процессе очистки сока. Изучено влияние расхода активированного фильтроперлита на скорость фильтрования сока II сатурации. Установлено, что чем больше в соке содержится несахаров, тем меньшим электрокинетическим потенциалом обладает поверхность осадка. Установлены рациональные расходы реагентов в зависимости от качества перерабатываемого сырья. При очистке сока различного технологического качества необходима корректировка расхода используемых реагентов. Установлено, что для очистки сока удовлетворительного технологического качества расход фильтроперлита составляет 0,015 – 0,033% к массе сока и 15% PO_4^{3-} . При очистке сока, полученного из свеклы низкого качества, необходимо увеличивать расход фильтроперлита до 0,050% и фосфата до 20%. Обязательным является постоянный контроль проведения процесса основной дефекации, максимальное разложение редуцирующих веществ с целью получения термостойчивого сока.

Summary. The effect of reducing substances in the final stage of lime - carbon dioxide purification of raw juice is studied in the article. The presence of significant amounts of reducing substances in the juice of the I saturation increases chroma and calcium salts in the purified product. It is actual to apply additional techniques and methods of cleaning of production sugar-containing solutions at the final stage of lime -carbon dioxide cleaning - II saturation, that will increase the completeness of precipitation of organic and mineral non-sugars, improve the quality of the purified juice, increase the yield of white sugar and improve its quality. The effect of filterperlite as seed material for forming the structure of particles of calcium carbonate precipitate with a larger surface adsorption is studied. The effect of phosphate input for further improvement of the efficiency of adsorption in the juice purification process was also studied. The effect of flow of activated filterperlite on II saturation filtration speed was studied. It was found out that the more non-sugars are present in the juice, the smaller electrokinetic potential has the surface sediment. Rational consumption of reagents depending on the quality of the feedstock is calculated. In the process of cleaning the juice of various technological quality, it is necessary to control the reagents flow. It was found out that for cleaning juice of satisfactory technological quality the flow of filterperlite is 0.015 - 0.033% by weight of juice and 15% PO_4^{3-} . When cleaning the juice obtained from sugar beet of poor quality, it is necessary to increase the filterperlite flow up to 0.050% and phosphate up to 20 %. It is necessary to control permanently the main liming process, the maximum decomposition of reducing substances to obtain thermally stable juice.

Ключевые слова: фильтроперлит, карбонат кальция, редуцирующие вещества, электрокинетический потенциал.

Keywords: filterperlite, calcium carbonate, reducing substances, electrokinetic potential.

© Голыбин В.А., Голова К.В., Воскобойник К.В., Насонова О.С., 2014

После адсорбционной очистки на первой стадии карбонизации сока – I сатурации – в соке остается заметное количество солей различных кислот: винной, лимонной, яблочной, а также гликолевой, пирролидонкарбоновой, молочной кислоты, ВМС и красящих веществ. На предварительной дефекации коагулирует 70-90 % белковых веществ. Продукты деструкции белка, образующиеся в условиях высокощелочной среды на основной дефекации, удаляются на стадиях очистки диффузионного сока лишь на 50-60 %. Расщепленный до пептидов белок вступает при очистке в реакцию с продуктами щелочного распада редуцирующих веществ, повышает вязкость и цветность продуктов [3]. Поэтому является актуальным применение дополнительных способов и методов очистки производственных сахарсодержащих растворов на завершающем этапе ИУО – II сатурации, что позволит увеличить полноту осаждения органических и минеральных несахаров, повысить качество очищенного сока, увеличить выход белого сахара и улучшить его качество [5]. Однако существует проблема, связанная с неоднородностью по размерам кристаллов CaCO_3 , инкрустацией поверхности нагревания осадком CaCO_3 и, самое главное, невозможностью получить достаточную площадь поверхности кристаллов для более полной адсорбции веществ коллоидной дисперсности, т.е. дефицитом площади поверхности кристаллических зародышей для адсорбции на их поверхности несахаров.

Ранее нами проведены исследования по использованию в качестве кристаллической «затравки» для формирования однородной структуры микрокристаллов карбоната кальция при карбонизации очищаемого сока предварительно подготовленных частиц суспензии фильтроперлита с положительно заряженной поверхностью [1]. При этом достигнуто улучшение фильтрационных показателей карбонизованного сока и повышение адсорбционной способности частиц карбоната кальция по отношению к несахарам свекловичного сока.

Установлено, что рациональный расход активированного фильтроперлита, вводимого в очищаемый сок, составляет $0,033 \pm 0,010$ % к массе сока, при этом образующиеся частицы осадка карбоната кальция имеют максимальную площадь адсорбционной поверхности, что способствует более полному удалению несахаров и снижению величины оптической плотности растворов, улучшаются фильтрационно-седиментационные свойства сатурационных соков [2].

Задачей данной работы являлось исследование влияния редуцирующих веществ (РВ) в соке I сатурации на показатели сока II сатурации.

При переработке свеклы низкого качества, в которой в наибольшей степени присутствуют РВ, возникают трудности, связанные не только с цветностью сатурационных соков, но и их фильтрованием. РВ являются важными несахаристыми соединениями углеводного комплекса свеклы, а продукты их щелочно-термической конверсии оказывают значительное влияние на эффективность всех технологических операций выработки сахара-песка от процесса диффузионного извлечения сахарозы до ее кристаллизации и мелассообразования. В связи с этим возникает необходимость более глубокого исследования поведения РВ на основных стадиях технологического процесса, особенно в условиях переработки свеклы пониженного качества.

Присутствие значительных количеств РВ в диффузионном соке способствует увеличению концентрации кальциевых солей в очищенном продукте. Решение задачи их снижения в сатурационном соке позволит уменьшить образование накипи, улучшить условия теплообмена при выпаривании, обеспечить удовлетворительную работу варочно-кристаллизационного отделения.

В процессе проведения эксперимента в фильтрованный производственный сок I сатурации вводили разное количество РВ с целью моделирования различного качества исходного очищаемого сока. При наличии в соке большего количества РВ при их последующем щелочно-термическом разложении образуется больше красящих веществ, органических кислот, которые в свою очередь образуют соли с катионом кальция. Эти две группы несахаров в значительной степени влияют на качество очищенного сока. Установлено, что чем больше в соке содержится несахаров, тем меньшим электрокинетическим потенциалом (ЭКП) обладает поверхность осадка. Чем больше несахаров, несущих отрицательный заряд на своей поверхности, адсорбируется на поверхности осадка карбоната кальция, тем сильнее снижается его собственный положительный потенциал.

Фильтрованный сок I сатурации нагревали до температуры 85 °С, добавляли РВ в количестве 0,03-0,10 % к массе раствора, проводили дефекацию перед II сатурацией в течение 5 минут (расход CaO составлял 0,5 % к массе свеклы). Далее вносили суспензию активированного фильтроперлита в количестве 0,033 % к массе сока, проводили II сатурацию до pH 9,3-9,5, после чего сок охлаждали, фильтровали,

определяли значение оптической плотности и величины ЭКП карбонатных суспензий, содержание солей кальция.

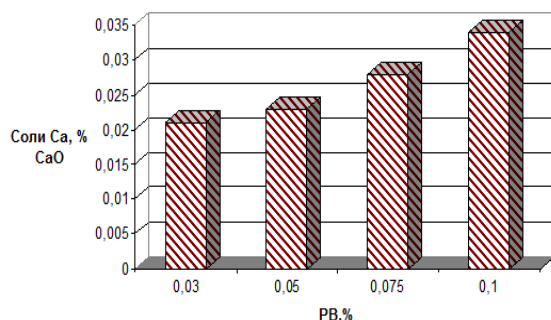


Рисунок 1. Влияние содержания РВ в соке I сатурации на эффективность удаления кальциевых солей в соке II сатурации

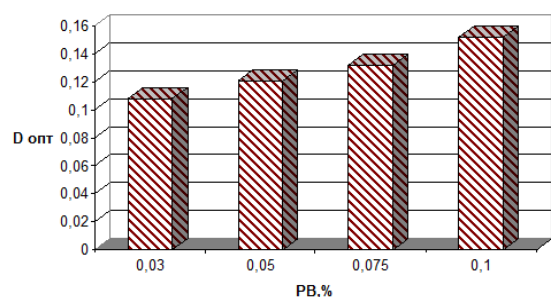


Рисунок 2. Зависимость оптической плотности сока II сатурации от содержания РВ в соке I сатурации

После очистки наблюдается минимальное содержание солей кальция и оптическая плотность в соке II сатурации при минимальном остаточном содержании РВ в соке I сатурации 0,03 % (рисунки 1, 2). С увеличением содержания остатка РВ в соке I сатурации пропорционально возрастает содержание солей кальция и оптическая плотность очищенного сока вследствие образования большего количества красящих веществ. Наблюдается увеличение ЭКП карбонатных суспензий после очистки сока. Вероятно, в процессе ухудшения качества сока количество вводимого «затравочного» материала является недостаточным для формирования необходимой поверхности адсорбции.

Известно, что при добавлении в сок II сатурации тринатрийфосфата происходит более полное удаление несахаров в результате осаждения солей кальция и их адсорбции образующимися осадками CaCO_3 и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. В производственных условиях необходимо обеспечивать режим, при котором эффективно используется адсорбционная способность образующегося карбоната кальция.

Условия эффективной адсорбции создаются при изоионном состоянии поверхно-

сти осадка, т.е. в условиях равной адсорбции Н- и ОН-ионов, которая при этом ничтожно мала. Тогда насыщение противоионами фиксированных зарядов поверхности осадков как гетерополярных адсорбентов может быть достигнуто другими ионами и поляризованными молекулами несахаров, содержащихся в соке. При проведении II сатурации при низкой натуральной щелочности в сок добавляют Na_3PO_4 , вследствие чего можно ожидать отличия адсорбционно-обменных свойств карбонатно-фосфатного осадка от осадка карбоната кальция [4].

В работе Л.Д. Бобровника и др. показано, что значение изоионной точки карбонатно-фосфатного осадка выше, чем у чистых карбонатного и фосфатного осадков. Объясняется это явление природой осадка, образующегося при соосаждении анионов CO_3^{2-} и PO_4^{3-} . При этом возможно включение PO_4^{3-} в осадок CaCO_3 с образованием активных центров адсорбции [4]. Важным является исследование влияния ввода фосфата для дополнительного повышения эффективности адсорбции в процессе очистки сока.

В процессе изучения влияния фосфата исследования проводили следующим образом. Фильтрованный сок I сатурации нагревали до температуры 85 °С, добавляли разное количество РВ, проводили дефекацию перед II сатурацией в течение 5 минут (расход СаО составлял 0,5 % к массе свеклы). Далее вносили суспензию активированного фильтроперлита в количестве 0,033 % к массе сока и фосфат PO_4^{3-} в % к массе осадка (рассчитанный в эквиваленте CO_3^{2-}), проводили II сатурацию до pH 9,3-9,5, далее сок охлаждали, фильтровали, определяли значение оптической плотности, содержание солей Са, величины ЭКП карбонатных суспензий.

Т а б л и ц а 1

Исследование влияния PO_4^{3-} на качество сока II сатурации

Показатели	Количество РВ, % к массе сока			
	0,030	0,050	0,075	0,100
Ввод 5% PO_4^{3-}				
ЭКП, мВ	5	4	4	3
Оптическая плотность (D)	0,105	0,118	0,128	0,145
Соли Са, % СаО	0,019	0,022	0,026	0,029
Ввод 10% PO_4^{3-}				
ЭКП, мВ	4	4	3	2
Оптическая плотность (D)	0,101	0,114	0,123	0,140
Соли Са, % СаО	0,018	0,021	0,024	0,027

Из результатов экспериментов, представленных в таблице 1, установлено, что введение в процессе очистки 5 % PO_4^{3-} не оказывает влияние на повышение эффективности очистки. Увеличение расхода фосфата до 10 % приводит к снижению содержания солей Са при малом содержании редуцирующих веществ в исходном соке I сатурации (0,03 % РВ). При увеличении содержания РВ в соке наблюдается дефицит осаждающего реагента.

Исследовано влияние точки ввода аниона PO_4^{3-} на эффективность очистки сока (рисунок 3).

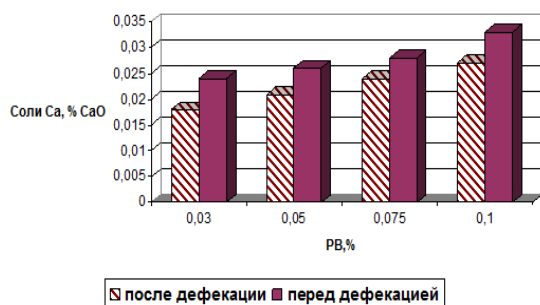


Рисунок 3. Влияние 10% фосфата, введенного перед и после дефекации, на эффективность удаления солей кальция в соке II сатурации

Введение аниона PO_4^{3-} в процессе очистки после дефекации позволяет удалить из очищенного сока большее количество кальциевых солей. Эффект удаления кальциевых солей наблюдается только при малом содержании РВ в соке перед II сатурацией, что еще раз подтверждает недостаточное количество осаждающего реагента. Важным является изучение влияния различных расходов фосфата на полную очистку продуктов распада РВ.

В первую очередь было исследовано влияние ввода активированного фильтроперлита на эффективность очистки сока от сахаров (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Показатели очищенного сока в зависимости от расхода фильтроперлита

Показатели	Количество фильтроперлита, % к массе сока			
	0,015	0,033	0,050	Контроль (без фильтроперлита)
ЭКП, мВ	8	7	6	10
Оптическая плотность (D)	0,130	0,127	0,123	0,146
Соли Са, % СаО	0,029	0,028	0,027	0,034
Скорость фильтрования, см ³ /с	0,51	0,46	0,42	0,36

С увеличением расхода активированного фильтроперлита наблюдается снижение солей кальция и оптической плотности очищаемого сока, следовательно, больше отрицательно заряженных красящих веществ адсорбируется на положительной поверхности частиц карбоната кальция. При ухудшении качества очищаемого сока на эффективность удаления красящих веществ и солей Са оказывают влияние не только РВ, но и другие сахара (пектиновые вещества, фрагменты ВМС, коллоиды, амиды).

Было исследовано влияние активированного фильтроперлита совместно с разным количеством фосфата (таблица 3).

Изучено влияние расхода активированного фильтроперлита на скорость фильтрования сока II сатурации. В процессе исследования использовался сок I сатурации низкого технологического качества: Ч 87,41%, соли Са 0,134% СаО; D 0,305; $\text{Щ}_{\text{нат}}$ 0,04 % СаО; ЭКП 2 мВ, РВ 0,0975%, белок 0,24%.

Фильтрованный сок I сатурации нагревали до температуры 85 °С, проводили дефекацию перед II сатурацией в течение 5 минут (расход СаО 0,5 % к массе свеклы), вносили суспензию активированного фильтроперлита и проводили II сатурацию до pH 9,3-9,5, после чего сок охлаждали, фильтровали, определяли величины ЭКП карбонатных суспензий и скорость фильтрования сока.

Скорость фильтрования на соке низкого качества улучшается при увеличении ввода активированного фильтроперлита от 0,015 до 0,050 % к массе сока (рисунок 4). Это можно объяснить необходимостью увеличения поверхности адсорбции для агрегатирования сахаров – фрагментов деструкции низкомолекулярных белковых веществ и коллоидов.

Т а б л и ц а 3

Исследование влияния PO_4^{3-} на эффективность очистки сока II дефекации

Показатели	Количество фильтроперлита, % к массе сока			
	0,015	0,033	0,050	Контроль (без фильтроперлита)
1	2	3	4	5
Ввод 5% PO_4^{3-}				
ЭКП, мВ	5	5	4	9
Оптическая плотность (D)	0,130	0,120	0,114	0,141
Соли Са, % СаО	0,027	0,025	0,025	0,030

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
Скорость фильтрования, см ³ /с	0,54	0,45	0,41	0,36
Ввод 10% PO ₄ ³⁻				
ЭКП, мВ	5	4	4	10
Оптическая плотность (D)	0,130	0,118	0,112	0,142
Соли Са, % СаО	0,023	0,021	0,020	0,030
Ввод 15% PO ₄ ³⁻				
ЭКП, мВ	4	4	3	10
Оптическая плотность (D)	0,125	0,117	0,110	0,141
Соли Са, % СаО	0,015	0,014	0,014	0,031
Ввод 20% PO ₄ ³⁻				
ЭКП, мВ	4	4	3	9
Оптическая плотность (D)	0,124	0,115	0,110	0,140
Соли Са, % СаО	0,014	0,014	0,013	0,031

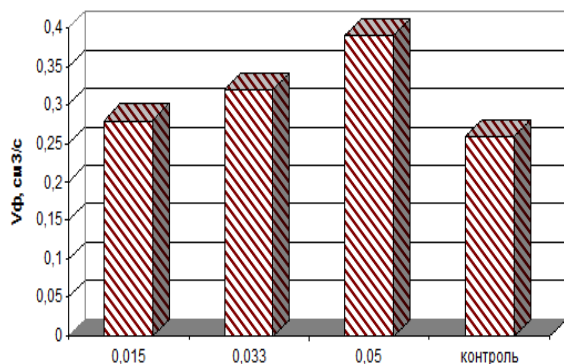


Рисунок 4. Влияние расхода фильтроперлита на скорость фильтрования сока II сатурации

Сравнивая результаты по скорости фильтрования (таблица 2), полученные при очистке сока более высокого качества, наблюдается обратная зависимость. Для очистки сока удовлетворительного качества рациональный расход фильтроперлита 0,015 – 0,033 %, его увеличение расхода приводит к образованию полидисперсного осадка, что в свою очередь ухудшает фильтрование. В процессе очистки сока более низкого качества вероятно это количество фильтроперлита является недостаточным для образования необходимой поверхности адсорбции для более полного удаления сахаров, что подтверждается результатами, представленными на рисунке 4. С увеличением расхода фильтроперлита до 0,050 % наблюдается снижение ЭКП осадка, что подтверждает наиболее полное осаждение сахара-

ров на поверхности осадка. Следовательно, для очистки сока низкого технологического качества необходимо увеличивать расход фильтроперлита в исследованном интервале.

Таблица 4

Показатели очищенного сока в зависимости от расхода PO₄³⁻ (0,050% фильтроперлита)

Показатели	Количество PO ₄ ³⁻ , %			
	5%	10%	20%	Контроль (без фильтроперлита)
ЭКП, мВ	4	4	3	10
Соли Са, % СаО	0,029	0,025	0,019	0,038
Оптическая плотность (D)	0,145	0,136	0,132	0,170

В результате исследований подтверждается зависимость, установленная ранее. Увеличение расхода добавляемого фосфата приводит к снижению ЭКП осадка, что объясняется ростом адсорбционной активности осадка и более полным удалением отрицательно заряженных сахаров, снижается содержание солей кальция, уменьшается оптическая плотность очищенного сока. Однако наблюдается некоторое ухудшение в процессе фильтрования сока. Это явление объясняется повышенной адсорбционной активностью осадка карбоната кальция. В процессе очистки образуется рыхлая структура осадка, который содержит ВМС и ВКД. Несмотря на некоторое ухудшение фильтрационных показателей сока, они остаются в пределах нормы для промышленных фильтров.

В ходе проведенных исследований установлено, что для очистки сока удовлетворительного технологического качества расход фильтроперлита составляет 0,015-0,033 % к массе сока и 15 % PO₄³⁻. При очистке сока, полученного из свеклы низкого качества, необходима корректировка расхода используемых реагентов – увеличение фильтроперлита до 0,050 % и фосфата до 20 %. Обязательным является постоянный контроль проведения процесса основной дефекации, максимальное разложение РВ с целью получения термоустойчивого сока.

ЛИТЕРАТУРА

1 Голыбин В.А., Голова К.В., Денисова Е.А. Повышение эффективности адсорбционной очистки в процессе II сатурации // Вестник ВГУИТ. 2013. №4. С. 194 – 196.

2 Голыбин В.А., Голова К.В. Использование фильтроперлита при проведении карбонизации сока в сахарном производстве // Вестник ВГУИТ. 2013. №4. С. 216 – 218.

3 Олянская С.П., Цырульникова В.В. Химические реагенты на завершающей стадии очистки диффузионного сока // Сахар. 2010. № 4. С. 54 – 59.

4 Бобровник Л.Д. Физико-химические основы очистки в сахарном производстве. Киев: Высшая школа, 1994. 256 с.

5 Голыбин В.А., Федорук В.А., Зелепукин Ю.И., Ткачева А.А. Эффективность завершающей стадии очистки диффузионного сока // Сахар. 2012. № 9. С. 30-33.

REFERENCES

1 Golybin V.A., Golova K.V., Denisova E.A. Improving the efficiency of adsorption treatment during carbonation II. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4, pp. 194 - 196. (In Russ.).

2 Golybin V.A., Golova K.V. Using filterperlite during carbonation juice in sugar production. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4, pp. 216 - 218. (In Russ.).

3 Olianskaia S.P., Tsyruľnikova V.V. Chemicals in the final purification step of the diffusion juice. *Sakhar*. [Sugar], 2010, no. 4, pp. 54 - 59. (In Russ.).

4 Bobrovnik L.D. *Fiziko-khimicheskie osnovy ochistki v sakharhom proizvodstve* [Physico-chemical basis purification in sugar production]. Kiev, Vysshaia shkola, 1994. 256 p. (In Russ.).

5 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Zelepukin Iu.I., Tkachev A.A. The effectiveness of the final stages of juice purification. *Sakhar*. [Sugar], 2012, no. 9, pp. 30-33. (In Russ.).

УДК 664.1.035.1

Профессор Н.Г. Кульнева, аспирант М.В. Журавлев,
студент К.А. Парамонова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии бродильных и сахаристых
производств. тел. (473) 255-07-51
E-mail: zyrav2014@yandex.ru

Professor N.G. Kulneva, graduate M.V. Zhuravlev,
student K.A. Paramonova.

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of fermentation
and sugar industries technology. phone (473) 255-07-51
E-mail: zyrav2014@yandex.ru

Разработка эффективного способа экстрагирования сахарозы из свеклы

Development of the effective method for the extraction of sucrose

Реферат. Использование диффузионных аппаратов наклонного типа сопровождается неравномерным обогревом соко-стружечной смеси по длине аппарата, что приводит к снижению степени извлечения сахарозы из стружки и интенсивному развитию микроорганизмов внутри аппарата, увеличению потерь сахарозы при экстрагировании и продолжительности процесса в целом. Предложен способ предварительной обработки свекловичной стружки перед экстрагированием горячими растворами химических агентов. Экспериментально установлено, что лучшие качественные показатели имеет сок, полученный из стружки, обработанной раствором сульфата алюминия с концентрацией 0,05 %, или раствором хлорной извести концентрацией 0,10 %. Тепловая обработка свекловичной стружки растворами солей $Al_2(SO_4)_3$ концентрацией 0,05 % и хлорной извести концентрацией 0,10 % приводит к постепенному равномерному прогреванию свекловичной ткани и денатурации белков, что повышает коэффициент массоотдачи свекловичной ткани, увеличивая ее проницаемость. Омывающий поверхность свекловичной стружки раствор сульфата алюминия снижает растворимость белковых и пектиновых веществ, повышая прочность и упругость свекловичной стружки. Стабилизируется pH среды, что уменьшает переход несاهаров из свекловичной стружки в диффузионный сок в процессе экстрагирования сахарозы. Совмещение тепловой и химической обработки позволяет стабилизировать коллоиды свекловичной ткани и подогреть свекловичную стружку до оптимальной температуры диффузионного процесса 70-72 °C до поступления в диффузионный аппарат, повысить ее структурно-механические свойства. Использование предварительной тепловой обработки свекловичной стружки позволяет повысить эффективность протекания диффузионного процесса, блокировать переход веществ белково-пектинового комплекса из свекловичной стружки в диффузионный сок, за счет чего их содержание в диффузионном соке снижается; снизить цветность очищенного сока на 15,1 %, содержание солей кальция на 31,3 % в сравнении с типовым способом; повысить чистоту очищенного сока на 1,2 %, что соответствует увеличению выхода сахара-песка на 0,3 %.

Summary. Application of slanted diffusers is accompanied with irregular heating of juice- and chips mixture in the unit length, which reduces the degree of extraction of sucrose from chips and microorganisms intensive growth inside the apparatuses, increases the sucrose loss during the extraction and the time of the whole process. A method for preprocessing of beet chips prior to extraction with hot solutions of chemical agents was suggested. It was experimentally found out that the best quality indicators are inherent to the juice obtained from chips treated with a solution of 0.05 % aluminum sulfate or with 0.10% bleach solution. Thermal processing of beet chips with the solutions of $Al_2(SO_4)_3$ with a concentration of 0.05% and bleach with a concentration of 0.10 % results in a gradual beet chips uniform heating and denaturation of the proteins, which increases the mass transfer coefficient of sugarbeet tissue, increasing its permeability. Beet chips surface washing aluminum sulfate solution reduces the solubility of the protein and pectin substances, increasing the strength and elasticity of beet chips. pH of the medium is stabilized, which reduces the transition of non-sugars from beet chips into the diffusion juice in the process of sucrose extraction. Combination of thermal and chemical treatment allows to stabilize the colloids of sugarbeet tissue and to heat beet chips to the optimum temperature of the diffusion process of 70-72 °C before entering the diffusion apparatus and to improve its structural and mechanical properties. The use of preliminary heat treatment of beet chips: improves the efficiency of diffusion processes; blocks the transition of substances of protein-pectin complex of beet chips into the raw juice, whereby their content in the diffusion juice is reduced; reduces the color of purified juice by 15.1 %, the content of calcium salts by 31.3 % in comparison with the standard method; -improves the purity of the purified juice by 1.2 %. All this corresponds to the increase in the yield of sugar by 0.3 %.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, обработка свекловичной стружки, экстрагирование.

Keywords: beet-sugar production, processing of beet chips, extraction.

© Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Парамонова К.А., 2014

Сахарная промышленность является важной экономической отраслью во многих странах мира, в том числе в России [1]. Одной из важнейших технологических операций сахарного производства является экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки. От того, насколько эффективно осуществляется протекание технологических процессов на данном этапе сахарного производства, зависит бесперебойная работа всех последующих технологических станций, а также качество и выход готовой продукции. Поэтому одной из важнейших технологических задач при производстве сахара-песка является поддержание максимальной эффективности работы данного технологического участка, а также своевременное выявление и устранение проблем, возникающих в процессе экстрагирования сахарозы. Такими проблемами являются: падение pH сока в диффузионном аппарате, интенсивное развитие микрофлоры, высокие потери сахарозы в отжатом жоме, низкая степень извлечения сахарозы из стружки и др.

На большинстве сахарных заводов экстрагирование осуществляют в наклонных диффузионных аппаратах. Их достоинством является возможность подогревания стружки непосредственно в аппарате. Проведение диффузионного процесса в аппаратах такой конструкции сопровождается рядом проблем: неравномерный обогрев сокоотружечной смеси по длине аппарата, что приводит к снижению степени извлечения сахарозы из стружки, а также интенсивному развитию микроорганизмов внутри аппарата. Как следствие, увеличиваются продолжительность процесса и потери сахарозы на станции экстрагирования.

При экстрагировании сахарозы из свекловичной стружки наиболее существенными с точки зрения обеспечения нормальной работы наклонных диффузионных аппаратов, являются структурно-механические свойства свекловичной ткани (упругость, твердость и т.д.). При низких значениях этих показателей из-за слипания стружки и дробления ее происходит увеличение количества брака в сокоотружечной смеси, в результате чего слой стружки уплотняется. Как следствие, уменьшается живое сечение стружечного слоя и затрудняется прохождение экстрагирующей жидкости, что влечет за собой увеличение содержания жома, продолжительности процессов, ухудшение качества получаемого сока вследствие перехода в него сахаров. Максимально эффективное извлечение сахарозы из стружки при высоком качестве диффузионного сока может быть достигнуто при таком режиме диффузионного процесса, когда свекловичная ткань имеет оптимальные показатели прочности, упругости и т.д.

Одно из направлений упрочнения свекловичной ткани при экстракции и ускорения извлечения сахара – химическое воздействие на свекловичную стружку. В качестве такого воздействия можно рассматривать предварительную обработку свекловичной стружки горячими жидкими реагентами (ошпаривание) [2]. В качестве реагентов нами предлагается использовать водные растворы сернокислого глинозема $Al_2(SO_4)_3$ и хлорной извести.

Растворы реагентов в количестве 10 % к массе стружки нагревали до температуры 70 °C и проводили ошпаривание свекловичной стружки нагретым раствором в течение 1 мин. В качестве экстрагента использовали аммиачную воду, которую затем добавляли в количестве 90 % при температуре 70 °C. Диффузию проводили при температуре 70 °C в течение 60 мин [3]. После экстрагирования из сокоотружечной смеси отделяли диффузионный сок, термостатировали его при температуре 20 °C, осуществляли анализ показателей полученного сока (таблица 1). Далее проводили преддефекацию диффузионного сока при температуре 55-60 °C продолжительностью 15 мин с добавлением суспензии сока I сатурации и известкового молока до pH сока 11,0-11,6, затем тепло-горячую основную дефекацию добавлением известкового молока до pH 12,0-12,2 и обрабатывали диоксидом углерода (I сатурация) при температуре 90 °C до pH 11,0-11,2, отделяли осадок. Процесс II сатурации проводили при температуре 95 °C с доведением pH сока до 9,0-9,2. (таблица 2).

Таблица 1

Сравнительная оценка реагентов для предварительной обработки свекловичной стружки

Показатель	Типовая схема	Реагент для обработки	
		Сульфат алюминия	Хлорная известь
Чистота диффузионного сока, %	84,4	85,8	85,6
Массовая доля белков в диффузионном соке, г/100 г сухих веществ	1,1	0,79	0,81
Скорость отстаивания преддефекованного сока, см/мин	2,85	3,20	2,98
Скорость отстаивания сока I сатурации, см/мин	4,0	5,5	5,0
Объем осадка сока I сатурации, %	40	30	35

Т а б л и ц а 2

Показатели сока II сатурации при различных способах подготовки стружки к экстрагированию

Показатели	Типовая диффузия	Реагенты для предварительной обработки свежесколотой стружки	
		Хлорная известь	Сульфат алюминия
Чистота, %	90,2	91,4	91,7
Цветность, усл. ед.	19,1	18,6	17,9
Массовая доля солей кальция, % CaO	0,048	0,045	0,043

Для выбора рациональной концентрации предлагаемых реагентов их растворы с различной концентрацией при температуре 70 °С использовали для предварительной обработки стружки, добавляя в количестве 10 % к массе стружки, выдерживали 1 мин [6]. Далее к пробам добавляли экстрагент при температуре 70 °С в количестве 90 % по массе, проводили диффузию в течение 60 мин при перемешивании (таблицы. 3, 4). В результате анализа установлено, что самые высокие показатели имеет сок, полученный из стружки, обработанной раствором сульфата алюминия с концентрацией 0,05 %, или раствором хлорной извести концентрацией 0,10 %.

Т а б л и ц а 3

Выбор оптимальной концентрации сульфата алюминия

Концентрация сульфата алюминия, %	Показатели диффузионного сока		
	Чистота, %	pH	Массовая доля белков, мг/см ³
0,01	83,6	6,18	0,77
0,05	84,3	6,15	0,48
0,10	83,8	6,12	0,66
Типовая схема диффузии	82,8	6,41	0,86

Т а б л и ц а 4

Выбор оптимальной концентрации хлорной извести

Показатели диффузионного сока	Типовая схема диффузии	Концентрация раствора хлорной извести, %	
		0,10	0,05
Чистота, %	82,3	83,8	82,9
pH	6,3	6,33	6,28
Массовая доля белка, %	0,56	0,39	0,44

Проведены исследования по сравнению эффективности обработки свежесколотой стружки растворами различных солей перед экстрагированием. Использовали растворы $Al_2(SO_4)_3$ концентрацией 0,05 % и хлорной извести концентрацией 0,10 % (таблица 5, рисунок 1).

Т а б л и ц а 5

Сравнительная оценка способов подготовки стружки к экстрагированию

Показатели	Типовая схема диффузии	Реагенты для предва- рительной обработки	
		Сульфат алюминия, 0,05 % раствор	Хлорная известь, 0,10 % раствор
Диффузионный сок			
Чистота, %	82,5	84,4	83,1
Массовая доля бел- ков, %	0,39	0,32	0,38
Очищенный сок			
Чистота, %	91,2	92,4	91,8
Цветность, усл.ед.	16,0	14,2	15,2
Соли каль- ция, % СаО	0,048	0,033	0,039

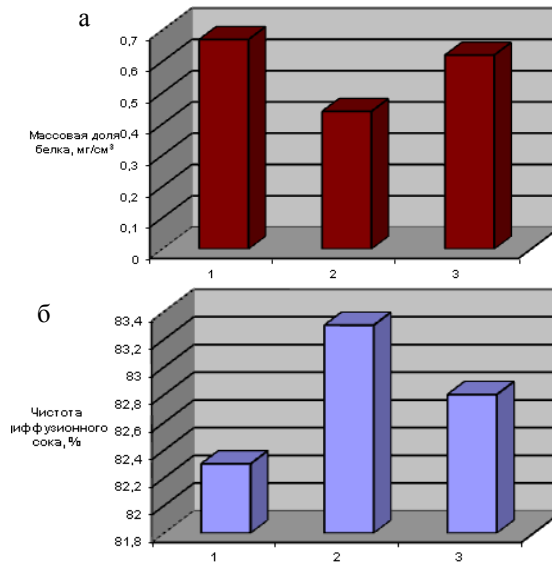


Рисунок 1. Сравнение массовой доли белка (а) и чистоты (б) в диффузионном соке, полученном различными способами: 1 - типовая диффузия; 2 – с предварительной обработкой 0,05 % раствором сульфата алюминия; 3 - с предварительной обработкой 0,10 % раствором хлорной извести

В результате проведенного исследования установлено, что обработка стружки раствором сульфата алюминия с концентрацией 0,05 %, позволяет достичь лучших показателей

по сравнению с раствором хлорной извести с концентрацией 0,10 %.

Тепловая обработка свекловичной стружки растворами солей $Al_2(SO_4)_3$ концентрацией 0,05 % и хлорной извести концентрацией 0,10 % приводит к постепенному равномерному прогреванию свекловичной ткани и денатурации белков, что повышает коэффициент массоотдачи свекловичной ткани, увеличивая ее проницаемость. Омывающий поверхность свекловичной стружки раствор сульфата алюминия снижает растворимость белковых и пектиновых веществ, повышая прочность и упругость свекловичной стружки. Стабилизируется pH среды, что уменьшает переход несахаров из свекловичной стружки в диффузионный сок в процессе экстрагирования сахарозы. Совмещение тепловой и химической обработки позволяет стабилизировать коллоиды

свекловичной ткани и подогреть свекловичную стружку до оптимальной температуры диффузионного процесса 70-72 °С до поступления в диффузионный аппарат, повысить ее структурно-механические свойства.

Использование предварительной тепловой обработки свекловичной стружки позволяет повысить эффективность протекания диффузионного процесса, блокировать переход веществ белково-пектинового комплекса из свекловичной стружки в диффузионный сок, за счет чего их содержание в диффузионном соке снижается; снизить цветность очищенного сока на 15,1 %, содержание солей кальция на 31,3 % в сравнении с типовым способом; повысить чистоту очищенного сока на 1,2 %, что соответствует увеличению выхода сахара-песка на 0,3 %.

REFERENCES

ЛИТЕРАТУРА

1 Голыбин В.А., Фурсов В.М., Зелепукин Ю.И., Кульнева Н.Г. и др. Водное хозяйство сахарных заводов: учеб. пособие. Воронеж: ВГТА, 2009. 124 с.

2 Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Шматова А.И., Воронина И.С. Выбор оптимальных параметров предварительной обработки свекловичной стружки перед экстрагированием // Новое в технике и технологии функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Материалы III Международной научно-технической конференции. Воронеж: ВГУИТ, 2013. С. 340-342.

3 Колесников В. А., Нечаев Ю.Г. Теплосиловое хозяйство сахарных заводов. М.: Пищевая промышленность, 1980. 392 с.

4 Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Авилова Е.В., Воронина И.С. Разработка способа обработки свекловичной стружки перед экстрагированием // Российская наука глазами молодых исследователей: опыт и инновации: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Мичуринск, 2013. С.134-138.

5 Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. М.: Колос, 1999. 495 с.

6 Журавлев М.В. Энергосберегающая технология извлечения сахарозы из свеклы в сахарном производстве // Фундаментальные исследования. 2013. № 11. С. 1582-1587.

1 Golybin V.A., Fursov V.M., Zelepukin Iu.I., Kulneva N.G. et al. Vodnoe khoziaistvo sakharnykh zavodov [Water management of sugar factories]. Voronezh, 2009. 124 p. (In Russ.).

2 Kulneva N.G., Zhuravlev M.V., Shmatova A.I., Voronina I.S. Selection of optimal parameters of preprocessing of beet chips before extraction. Novoe v tekhnike i tekhnologii i funktsional'nykh produktov pitaniia na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenii: materialy III mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi [New in engineering and technology of functional foods on the basis of biomedical views: materials of the iii international scientific and technical conference]. Voronezh, VSUET, 2013. pp.340-342. (In Russ.).

3 Kolesnikov V.A., Nechaev Iu.G. Teplosilovoe khoziaistvo sakharnykh zavodov [Heat power of farming sugar refineries]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost', 1980. 392 p. (In Russ.).

4 Kulneva N.G., Zhuravlev M.V., Avilova E.V., Voronina I.S. Development of method of beet chips processing before extraction. Rossiiskaia nauka glazami molodykh issledovatelei: opyt i innovatsii: materialy Vserossiiskoi studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Russian science by the eyes of young researchers: experience and innovation: materials of All-Russian student scientific conference]. Michurinsk, 2013. pp. 134-138. (In Russ.).

5 Sapronov A.R. Tekhnologiya sakharnogo proizvodstva [Sugar production technology]. Moscow, Kolos, 1999. 495 p. (In Russ.).

6 Zhuravlev M.V. Energy-saving technology of extraction of sucrose from beet in the sugar production. Fundamental'nye issledovaniia. [Fundamental researches], 2013, no. 11, pp. 1582-1587. (In Russ.).

УДК 664.1

Профессор В.А. Голыбин, доцент В.А. Федорук,
магистрант М.А. Лавренова, студент Е.А. Денисова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии броидильных и сахаристых про-
изводств. тел. (473) 255-37-32
E-mail: yzas2006@yandex.ru

Professor V.A. Golybin, associate Professor V.A. Fedoruk,
master student M.A. Lavrenova, student E.A. Denisova
(Voronezh state university of engineering technology) Department of fermentation technology
and sugar industries. phone (473) 255-37-32
E-mail: yzas2006@yandex.ru

Пути повышения энергоэффективности сахарного производства

Ways to improve energy efficiency of sugar production

Реферат. Производство пищевой продукции требует значительного потребления энергии, получаемой за счет природных ресурсов. Основным направлением повышения конкурентоспособности производства свеклы и сахара является снижение расхода энергетических ресурсов, потерь сахарозы и соблюдение действующих требований природоохранного законодательства. Нами проводились исследования по снижению энергозатрат при получении сахара по различным направлениям. Исследована возможность сокращения расхода энергии на высушивание жома. Одним из направлений упрочнения структуры свекловичной ткани при экстрагировании является предварительное химическое воздействие на свекловичную стружку. В наших исследованиях было установлено влияния способа подготовки жомопрессовой воды на механическую прочность свекловичной стружки. Одним из направлений энергосбережения является снижение накипеобразования и связанное с этим повышение эффективности выпаривания воды из очищенного сока. С этой целью исследовались различные покрытия, нанесенные на поверхность кипяточных трубок выпарных. Лучшие результаты по снижению накипеобразования отмечены при воронении поверхности теплообмена. Положительные результаты могут быть получены при использовании такой технологической операции, как дозревание сока после II сатурации. Нами исследовалась технология с использованием магнитной обработки для снижения расхода извести на физико-химическую очистку диффузионного сока. Определено, что рациональными условиями обработки преддефекованного сока при pH 8,5 импульсным магнитным полем является продолжительность ее воздействия 8 с и с индукция 0,25 Тл. Предлагается вариант очистки жомопрессовой воды, включающий добавление суспензии сока II сатурации, фильтрование, подкисление раствором серной кислоты, обработку воды в импульсном магнитном поле, фильтрование. Расчетное снижение расхода условного топлива на высушивание жома – 7 % к массе сухого жома.

Summary. Food production requires a significant consumption of energy derived from natural resources. The main direction of increase of competitiveness of production of sugar beet and sugar is reduction the consumption of energy resources, losses of sucrose and enforcement of existing environmental regulations. We conducted research on the reduction of energy consumption in obtaining sugar in various directions. We investigate the possibility of reducing energy consumption for drying of sugar beet pulp. One of the directions of hardening of the structure of the fabric during the extraction process is the preliminary chemical impact on beet chips. In our studies, it was found the effect of the method of preparation pulp press water on mechanical strength beet chips. One of the directions of energy saving is the reduction of scale formation and the related increase in the efficiency of water evaporation from the pure juice. With this purpose, we studied the different coating applied to the surface of the boiling tubes evaporating. The best results in reduction of scale formation has been observed when blueing heat transfer surface. Positive results can be obtained from the use of such technological operations as the ripening of juice after II carbonation. We analyzed the technology with the use of magnetic treatment to reduce the consumption of lime on the physical and chemical cleaning of diffusion juice. Determined that the rational conditions of processing preliminary juice at pH 8,5 pulsed magnetic field is the duration of its impact 8 sec and with the induction of 0,25 T. A version of the cleanup pulp press water, including adding juice suspension II carbonation, filtering, acidification acid, water treatment in a pulsed magnetic field, filtering. The estimated reduction in fuel consumption for drying pulp - 7 % to the mass of dry beet pulp.

Ключевые слова: сахарная промышленность, энергосбережение

Keywords: sugar industry, energy saving

Производство пищевой продукции требует значительного потребления энергии, получаемой за счет природных ресурсов – главным образом углеводородного сырья. Статистические данные указывают на весьма ощу-

тимое энергопотребление в отраслях пищевой промышленности России.

© Голыбин В.А., Федорук В.А.,
Лавренова М.А., Денисова Е.А., 2014

Ежегодная потребность России в сахаре составляет 5,4-5,6 млн. тонн. Ресурсы этого продукта складываются на 65-75 % из собственного производства сахара из сахарной свеклы, на 25-30 % из импортного сахара-сырца и на 5 % из импорта сахара из стран Таможенного союза и дальнего зарубежья [4].

Вступление России во Всемирную торговую организацию (ВТО) привело к изменению действующей в последние годы системы господдержки агропромышленного комплекса страны, росту затрат и снижению рентабельности сахарной свеклы, которые не могут быть полностью компенсированы ростом эффективности производства сахарной свеклы и сахара в среднесрочной перспективе. Производство сахарной свеклы может стать непривлекательным для сельскохозяйственных товаропроизводителей, что приведет к снижению посевных площадей и падению производства отечественного свекловичного сахара [4].

Основным направлением повышения конкурентоспособности производства свеклы и сахара является снижение расхода энергетических ресурсов, потерь сахарозы и соблюдение действующих требований природоохранного законодательства.

За последние три года за счет модернизаций основного технологического и теплообменного оборудования расход условного топлива на переработку сахарной свеклы на российских сахарных заводах снизился с 5,09 % до 4,7 %, общие потери сахарозы в производстве с 2,74 % до 2,59 % к массе переработанной свеклы [4].

В соответствии с отраслевой программой «Развитие свеклосахарного подкомплекса России на 2013-2015 годы» [4] предусматривается к 2015 году снижение расхода условного топлива при переработке сахарной свеклы и обеспечение общего расхода условного топлива на предприятиях сахарной промышленности России до уровня 4,4 % к массе перерабатываемой свеклы.

Производство сахара из сахарной свеклы является сложным процессом, который состоит из тесно взаимосвязанных тепловых процессов, таких, как нагревание, выпаривание, уваривание, кристаллизация и сушка, а также таких процессов, как известковая обработка диффузионного сока (дефекация), сатурация, фильтрование, центрифугирование и т.д. Тепловая система сахарного завода представляет собой очень сложный комплекс, состоящий из

многокорпусной выпарной установки, а также системы теплообменников, греющим агентом в которых является вторичный пар из корпусов выпарной установки. Использование энергии отработанного пара позволяет экономить большое количество тепловой энергии для вспомогательных и общезаводских процессов.

При производстве сахара расходуется электроэнергия 25-30 кВт ч на 1 т перерабатываемой свеклы. Энергопотребление в виде условного топлива на т сахарной свеклы на зарубежных сахарных заводах в 1,5-2,0 раза ниже. Поэтому для достижения конкурентоспособности отечественной сахарной промышленности необходимы конкретные мероприятия по снижению удельного расхода энергоносителей при выработке сахара из свеклы.

Нами проводились исследования по снижению энергозатрат при получении сахара по различным направлениям.

Высокой энергетической эффективности возделывания сахарной свеклы можно добиться только при наличии комплекса современной производительной техники и оборудования. Важным резервом является повышение эффективности переработки свекловичного жома, огромное количество которого ежегодно накапливается на сахарных заводах [4].

Нами исследована возможность сокращения расхода энергии на высушивание жома. Для этого необходимо, прежде всего, повышение механической прочности структуры свекловичной растительной ткани в процессе интенсивного механического воздействия – глубокого прессования свежего жома.

Одним из направлений упрочнения структуры свекловичной ткани при экстрагировании является предварительное химическое воздействие на свекловичную стружку. В наших исследованиях было установлено влияние способа подготовки жомопрессовой воды на механическую прочность свекловичной стружки. Подготовка экстрагента (жомопрессовой воды) включала очистку химическими реагентами как в отдельности, так и в комбинации с импульсным магнитным полем. Оценка состояния растительной ткани определялась на основании микрофотографий микросрезов фрагментов свекловичной стружки в режиме светового микроскопирования.

Установлено, что оптимальным усилием при прессовании обессахаренной свекловичной стружки является максимальное давление в рабочей зоне 3,00 МПа, при котором обес-

печиваются достаточно высокие степень механического обессахаривания жома и выход жомопрессовой воды – до 57-59 % с допустимым содержанием примесей, что позволяет повторно использовать полученную производственную воду в качестве экстрагента для диффузионного процесса. При этом обеспечивается высокая массовая доля сухих веществ в прессованном жоме (29-31 %), что позволит сократить расход условного топлива на высушивание жома до 1,2-1,4 % условного топлива к массе свеклы [6].

Одним из направлений энергосбережения является снижение накипеобразования и связанное с этим повышение эффективности выпаривания воды из очищенного сока. С этой целью исследовались различные покрытия, нанесенные на поверхность кипяtilьных трубок выпарных аппаратов.

Эффективными оказались покрытия, полученные путем нанесения на теплообменную поверхность полимерных покрытий гидрофобизирующей жидкости (ГКЖ), силиконовой эмульсии (КЭП-2), полиметилсилоксановой жидкости (ПМС-200). Эти покрытия доступны, требуют невысоких материальных затрат и позволяют значительно снизить процесс накипеобразования на поверхности теплообмена. Положительные результаты по уменьшению накипеобразования получены при использовании кипяtilьных трубок, выполненных из меди, латуни и нержавеющей стали, особенно полированной. Лучшие результаты по снижению накипеобразования отмечены при ворошении поверхности теплообмена [2].

Положительные результаты могут быть получены при использовании такой технологической операции, как дозревание сока после II сатурации.

Обработка сока традиционными реагентами (тринатрийфосфат, карбонат натрия) снижает содержание солей кальция и цветность очищенного сока на 10-12 %. Безреагентный метод (дозревание) улучшает показатели сока в сравнении с контролем: через 20 мин содержание кальциевых солей ниже на 21,9 %, а цветность – на 15,6 %. Таким образом, безреагентный способ обработки сока II сатурации позволяет получать соизмеримые результаты дозревания сока в сравнении с вводом карбоната натрия или тринатрийфосфата. Кроме того, при продувании сока II сатурации воздухом частично удаляется аммиак, образо-

вавшийся в результате термохимического разложения амидов. Удаление аммиака из сока снижает интенсивность образования красящих веществ при его выпаривании, повышает объективность определения величины щелочности и степени ее падения в МВУ [3].

Нами исследовалась технология с использованием магнитной обработки для снижения расхода извести на физико-химическую очистку диффузионного сока. С этой целью было изучено влияние параметров магнитной обработки на показатели соков и сиропа

Определено, что рациональными условиями обработки преддефекованного сока при pH 8,5 импульсным магнитным полем (ИМП) является продолжительность ее воздействия 8 с и индукция 0,25 Тл.

Предложенный комбинированный вариант позволяет сократить расход извести на очистку диффузионного сока и получить соки и сиропы более высокого качества, что соответственно приведет к снижению общего расхода извести на технологические операции, снижению расхода известняка и топлива [5].

Возврат подготовленной жомопрессовой воды (ЖПВ) в качестве замены части питающей воды для диффузионного процесса является методом снижения энергозатрат при получении сахара. Нами предлагается вариант очистки жомопрессовой воды, включающий добавление суспензии сока II сатурации, фильтрование, подкисление раствором серной кислоты, обработку воды в ИМП, фильтрование. По сравнению с классическим способом подготовки ЖПВ очистка с использованием комбинированного метода обеспечила:

- повышение чистоты жомопрессовой воды на 2,8-3,0 %, чистоты диффузионного сока – на 0,4 %;
- увеличение эффекта очистки при диффузионном извлечении сахарозы на 3,06 %;
- повышение содержания сухих веществ в прессованном жоме с 27 до 30,5 %;
- расчетное снижение расхода условного топлива на высушивание жома – 7 % к массе сухого жома.

Для сахарного завода производственной мощностью 6000 т свеклы в сутки ожидаемое снижение расхода энергоносителей для высушивания прессованного жома до стандартного содержания сухих веществ составит около 3 тыс. т условного топлива за производственный сезон продолжительностью 100 суток [1].

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Голыбин В.А., Федорук В.А., Горожанкина К.К. Эффективный способ подготовки жомопрессовой воды для экстрагирования сахарозы из свеклы: монография. М.: Palmarium Academic Publishing, 2014. 176 с.
- 2 Зелепукин Ю.И., Голыбин В.А., Федорук В.А. Способы уменьшения образования накипи при производстве сахара из свеклы // Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 144-147.
- 3 Голыбин В.А., Зелепукин Ю.И., Федорук В.А., Ткачев А.А. Накипеобразование в сахарном производстве: монография. Воронеж: ЦНТИ, 2013. 168 с.
- 4 Отраслевая целевая программа «Развитие свеклосахарного подкомплекса России на 2013-2015 годы». Москва, 2013. 40 с.
- 5 Голыбин В.А., Кульнева Н.Г., Федорук В.А., Баранова Н.Н. Ресурсосберегающая технология очистки диффузионного сока // Материалы международной научно-технической конференции «Адаптация технологических процессов к пищевым машинным технологиям»: в 3 ч. Ч. 2. Воронеж: ВГУИТ, 2012. С. 133-138.
- 6 Голыбин В.А., Федорук В.А., Кульнева Н.Г., Зелепукин Ю.И. Энергосбережение при выработке сушеного жома // Материалы международной научно-технической конференции «Адаптация технологических процессов к пищевым машинным технологиям»: в 3 ч. Ч. 2. Воронеж: ВГУИТ, 2012. С. 126-129.

REFERENCES

- 1 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Gorozhankina K.K.. Effektivnyi sposob podgotovki zhomo-pressovoi vody dlia ekstrigirovaniia sakharozy iz svekly [Effective way to prepare for the press water extraction of sucrose from beet]. Moscow, Palmarium Academic Publishing, 2014. 176 p. (In Russ.).
- 2 Zelepukin Iu.I. Golybin V.A., Fedoruk V.A. Ways to reduce the formation of scale in the production of sugar from beets. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 1, pp. 144-147. (In Russ.).
- 3 Golybin V.A., Zelepukin Iu.I., Fedoruk V.A., Tkachev A.A. Nakipeobrazovanie v sakharnom proizvodstve [Scale formation in sugar production]. Voronezh, TsNTI, 2013. 168 p. (In Russ.).
- 4 Otrasleyaia tselevaia programma «Razvitiie sveklosakharnogo podkompleksa Rossii na 2013-2015 gody» [Sectoral program «Development of sugar beet subcomplex Russia for 2013-2015»]. Moscow, 2013. 40 p. (In Russ.).
- 5 Golybin V.A., Kulneva N.G., Fedoruk V.A., Baranova N.N. Alternative technology juice purification. Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Adaptatsiia tekhnologicheskikh protsessov k pishchevym mashinnym tekhnologiiam» [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Adaptation processes in food machine technology»]. Voronezh, VGUIT, 2012. pp. 133-138. (In Russ.).
- 6 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Kulneva N.G., Zelepukin Iu.I. Energy conservation in the development of the dried pulp Materialy mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii «Adaptatsiia tekhnologicheskikh protsessov k pishchevym mashinnym tekhnologiiam» [Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Adaptation processes in food machine technology»]. Voronezh, VGUIT, 2012. pp. 126-129. (In Russ.).

УДК 675.03.031.81:577.15

Зав. кафедрой А.Н.Пономарёв

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра производства продуктов животного происхождения.
тел. (473) 255-37-51

доцент Г.П. Шуваева

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра биохимии и биотехнологии.

тел. (473) 255-55-57

E-mail: gpshuv@mail.ru

нач. технологического отдела А.А. Мерзликина,

зам. ген. директора Н.В. Пономарева

(Молкомбинат «Воронежский») тел. (473) 242-53-49

E-mail: tehnolog@molvest.ru

Head of the department A.N. Ponomarev

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of processing products of animal raw material. phone (473) 255-37-51

associate Professor G.P. Shuvaeva

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of biochemistry and biotechnology. phone (473) 255-55-57

E-mail: gpshuv@mail.ru

head of tech. department A.A. Merzlikina,

deputy general director N.V. Ponomareva

(Jsc Milk processing factory «Voronezhskii») phone (473) 242-53-49

E-mail: tehnolog@molvest.ru

Биотехнология кефира с новыми свойствами

Biotechnology for kefir with new qualities

Реферат. Современное кефирное производство базируется на сквашивании молока с использованием кефирных грибов путем спиртового и молочнокислого брожений. Микроорганизмы закваски ферментируют крупные молекулы казеина, в результате чего они усваиваются организмом намного эффективнее. Благодаря особому составу микробиоты закваски, в состав которой входят молочнокислые и уксуснокислые бактерии и дрожжи, кефир особенно полезен для человека любого возраста, способствует восстановлению энергетического баланса человека, благотворно действует на нервную систему и обменные процессы. На основе традиционной технологии производства кефира, включающей: нормализацию, гомогенизацию, пастеризацию, охлаждение до температуры заквашивания, внесение производственной закваски, разработана технология производства кефира с внесением фермента трансглутаминазы, которая обеспечивает генерацию собственного лактоферрина микроорганизмами в составе кефирных грибов. Содержание лактоферрина варьирует от 500 до 1100 мг/л, что значительно превышает этот показатель в контроле (300 мг/л). Лактоферрин, как известно, является естественным антиоксидантом, который предотвращает эффект раннего старения организма, способствует сохранению здорового желудочно-кишечного тракта. Во многих отношениях, лактоферрин способствует сохранению здоровья и оказывает полную поддержку активному долголетию.

Summary. Modern kefir production is based on the milk acidification process with the use of kefir grains by alcohol and lactic acid fermentation. Casein large molecules are fermented by sourdough' microorganisms, and as a result they are digested much more effectively by the body. Thanks to a special composition of the sourdough' microbiota, which composed of yeast, lactic acid and acetic acid bacteria, kefir is especially useful for a person of any age, helps to restore energy balance of human body, beneficial effects on the nervous system and metabolic processes. On the basis of the traditional technology of kefir production, which includes processes of normalization, homogenization, pasteurization, cooling to a temperature of fermentation, injection of sourdough, has been developed kefir production technology with the introduction of the ferment transglutaminase that provides the generation of its own lactoferrin by the composition of microorganisms in kefir grains. Lactoferrin content ranges from 500 to 1100 mg/l, which is considerably higher than in the control group (300 mg/l). Lactoferrin is natural antioxidant that prevents the effect of early aging of the organism, contributes to the preservation of a healthy gastrointestinal tract. In many ways lactoferrin contributes to the preservation of health and fully supports the active longevity.

Ключевые слова: кефир, закваска, фермент, трансглутаминаза, белок, лактоферрин, температура, образование связей.

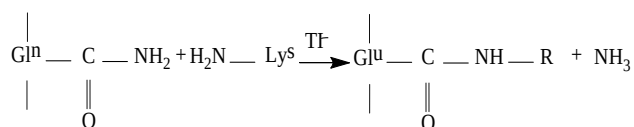
Keywords: kefir, leaven, enzyme transglutaminase, protein, lactoferrin, temperature, conformation links.

© Пономарёв А.Н., Шуваева Г.П., Мерзликина А.А.,
Пономарева Н.В., 2014

Кефир – это напиток с уникальным составом микробиоценоза, что выгодно отличает его от других кисломолочных продуктов. Порядка двух десятков видов микробных культур, в том числе: дрожжей, молочнокислых и уксуснокислых бактерий, благоприятно влияют на микрофлору желудочно-кишечного тракта, проявляя бактерицидные свойства по отношению к возбудителям ряда желудочно-кишечных заболеваний.

Известен способ производства кефира, включающий пастеризацию и гомогенизацию молока, его охлаждение, заквашивание кефирными грибами, которые предварительно культивируют в молоке, последующее сквашивание при оптимальной температуре, созревание. Способ несовершенен, так как получаемый продукт имеет незначительный срок годности и характеризуется невысокими органолептическими и физико-химическими показателями [1]. Цель данной работы – разработка биотехнологии кефира (для исключения недостатков существующей технологии) и получение продукта с новыми биологическими свойствами. Для решения поставленной задачи на стадии внесения производственной закваски, одновременно с ней вносили фермент трансклутаминазу (Saprona TG 1L производитель -TFI, Германия), используемую для производства творога, йогуртов и свежего сыра в целях улучшения качества и структуры готового продукта.

Свойством трансклутаминазы является образование дополнительных связей в молекулах белка, приводящих к «сшиванию» белковых молекул. Фермент катализирует реакцию ацильного переноса между γ -карбоксиамидной группой глутаминового остатка белка или пептида (ацил-донор) и первичными аминогруппами разнообразных аминокислотных соединений (ацил-акцептор), включая ϵ -аминогруппу лизинового остатка пептида по схеме:



В результате образуются высокомолекулярные соединения, содержащие ϵ -(γ -глутамил)-лизинового внутри- и межмолекулярные изопептидные связи, оказывающие влияние на структуру и функциональные свойства белков. Ковалентные связи, образованные трансклутаминазой между свободными ами-

ногруппами (свободных, либо из боковых цепей лизина) и гамма-карбоксамидными группами глутамина, устойчивы к протеолизу. Специфические изопептидные связи возникают между белками. Трансклутаминаза воздействует исключительно на протеины. Связи образуются как внутри молекулы протеина, так и между отдельными его молекулами. Катализируется опосредованное через глутаматдегидрогеназу дезаминирование природных аминокислот и биосинтез аминокислот. Когда фермент взаимодействует с белком, то может иметь место образование поперечной связи ϵ -(γ -Glu)-Lys и замещение Gln на Glu в результате дезамидирования [2,3].

Как показали исследования, внесение трансклутаминазы в молоко одновременно с производственной закваской, обеспечивает синтез микробного лактоферрина.

В эксперименте производство кефира проводили по схеме: нормализация, гомогенизация, пастеризация, охлаждение до температуры заквашивания, внесение производственной закваски. Количество вносимой закваски по отношению к нормализованной смеси варьировали в пределах от 1,5 % до 3,0 %.

Одновременно с закваской вносили фермент трансклутаминазу из расчета от (0,1 до 0,5) кг на 1000 кг нормализованной смеси. Большее количество вносимого фермента нецелесообразно, так как ухудшает качество готового продукта.

Как показал эксперимент, максимальный синтез лактоферрина достигался при внесении закваски с массовой долей 2,0 % (таблица 1). Увеличение количества вносимого фермента ухудшает структуру кефира: появляется неоднородность продукта, интенсивное отделение сыворотки (таблица 2)

Биохимические пути, по которым осуществляется синтез лактоферрина у микроорганизмов, схожи с таковыми у других организмов. Установлена способность кефирных грибов, представляющих собой симбиоз молочнокислых бактерий р.р. *Lactococcus*, *Lactobacillus* и дрожжей *Saccharomyces lactis* к синтезу собственного бактериального лактоферрина (БЛФ). Возможно, внесение в смесь фермента трансклутаминазы активизирует способность бактерий к синтезу собственного лактоферрина для их выживания.

Т а б л и ц а 1

Содержание лактоферрина в кефире

Количество вносимой закваски, кг/1000 кг смеси	Количество фермента, кг/1000 смеси	Массовая доля лактоферрина, мг/дм ³
1,5	0,1	100
	0,2	160
	0,3	200
	0,4	250
	0,5	250
2,0	0,1	600
	0,2	1100
	0,3	1000
	0,4	780
	0,5	500
2,5	0,1	600
	0,2	460
	0,3	450
	0,4	320
	0,5	480
3,0	0,1	230
	0,2	310
	0,3	280
	0,4	210
	0,5	160
Контроль (традиционная технология)	0,0	300

Т а б л и ц а 2

Органолептическая оценка кефира

Показатель, характеристика	Оценка, баллы									
	Контроль (без внесения фермента)					Опыт (с внесением фермента)				
	Время хранения, сут.									
	1	3	7	10	14	1	3	7	10	14
Отделение сыворотки	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5
Вязкость	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5
Однородность	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5

Специфичность трансаминаз обеспечивается именно белковым компонентом. Фермент катализирует перенос NH_2 -группы не на α -кетокислоту, а сначала на кофермент пиридоксальфосфат. Образовавшееся промежуточное соединение (основание Шиффа) подвергается внутримолекулярным превращениям (лабильзация α -водородного атома, перераспределение энергии связи), приводящим к освобождению α -кетокислоты и пиридоксаминфосфата; последний на второй стадии реакции

реагирует с любой другой α -кетокислотой, что через те же стадии образования промежуточных соединений (идущих в обратном направлении) приводит к синтезу новой аминокислоты и освобождению пиридоксальфосфата.

В связи с тем что во всех трансаминазах карбонильная группа кофермента ($-\text{CHO}$) связана с ε -аминогруппой лизина белковой части взаимодействие между субстратом, т.е. L-аминокислотой и пиридоксальфосфатом происходит не путем конденсации с выделением молекулы воды, а путем реакции замещения, при которой NH_2 -группа субстрата вытесняет ε - NH_2 -группу лизина в молекуле ферментного белка, что приводит к формированию пиридоксальфосфатного комплекса. Все или почти все природные аминокислоты (исключение составляет метионин) сначала реагируют с α -кетоглутаровой кислотой в реакции трансаминирования с образованием глутаминовой кислоты и соответствующей кетокислоты. Образовавшаяся глутаминовая кислота затем подвергается непосредственному окислительному дезаминированию под действием глутаматдегидрогеназы. Поскольку обе реакции (трансаминирование и дезаминирование глутаминовой кислоты) являются обратимыми, создаются условия для синтеза по существу любой аминокислоты, если в среде имеются соответствующие α -кетокислоты. Таким образом, транслгутаминаза катализирует опосредованное через глутаматдегидрогеназу дезаминирование природных аминокислот и биосинтез новых аминокислот. При активном действии фермента, которое выражается в повышенном образовании новых молекул аминокислот, происходит активация реакций анаболизма у микробной ассоциации, что и приводит к увеличению лактоферрина в готовом продукте [4,5,6].

Таким образом, модифицированный способ производства кефира позволяет получить:

- продукт с улучшенными реологическими свойствами и органолептическими показателями;
- исключить добавление сухого обезжиренного молока для улучшения консистенции путем увеличения белка в готовом продукте;
- увеличить срок хранения готового продукта до 14 суток, за счет снижения степени синерезиса в процессе хранения.

Предлагаемая технология производства кефира с внесением одновременно с закваской фермента транслгутаминазы обеспечивает генерацию собственного лактоферрина микроорганизмами в составе кефирных грибов в количестве от 500 до 1100 мг/л (по сравнению с контролем до 300 мг/л).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пат. 2279807 RU Способ производства кефира / Текеев А.А. Заявл. 13.04.2005; Оpubл. 20.07.2006, Бюлл. № 20.
- 2 Данилов Н.П. Применение транsgлyтаминазы в производстве ферментированных молочных продуктов: автореф. дис. ... канд. тех. наук. СПб, 2011. 24 с.
- 3 Жеребцов Н. А., Попова Т. Н., Артюхов В. Г. Биохимия: учебник. Воронеж: ВГУ, 2002. 696с
- 4 Ленгелер Й., Древш Г., Шлегель Г. Современная микробиология: Прокариоты. М.: Мир, 2005. 656 с.
- 5 Leahy S.C., Higgins D.G., Fitzgerald G.H., Van Sinderen D. Улучшить самочувствие с бифидобактериями // Журнал прикладной микробиологии. 2005. № 98. С 1303–1315
- 6 Luc de Vuyst, Bart Degeest Полисахариды молочнокислых бактерий // Микробиология. 1999. № 23. С. 153 – 157.

REFERENCES

- 1 Tekeev A.A. Spособ proizvodstva kefirа [Production method for kefir]. Patent RF, no. 2279807, 2006. (In Russ.).
- 2 Danilov N.P. Primenenie transglutaminazy v proizvodstve fermentirovannykh molochnykh produktov. Avtoref. dis. kand. tekhn. nauk [Application of transglutaminase in the production of fermented dairy products. Cand. tech. sci. dis.]. Sent-Petersburg, 2011. 24 p. (In Russ.).
- 3 Zheregtsova N.A., Popova T.N., Artiukhov V.G. Biokhimiia [Biochemistry]. Voronezh, VSU, 2002. 696 p. (In Russ.).
- 4 Lengeler I., Drevs G., Shlegel G. Sovremennaiа mikrobiologiia: Prokarioty [Modern microbiology: Prokaryotes]. Moscow, Mir, 2005. 656 p. (In Russ.).
- 5 Leahy S.C., Higgins D.G., Fitzgerald G.H., Van Sinderen D. Getting better with bifidobacteria. *Zhurnal prikladnoi mikrobiologii*. [Journal of applied microbiology], 2005, no. 98, pp. 1303–1315. (In Russ.).
6. Luc de Vuyst, Bart Degeest Heteropolysaccharides from lactic acid bacteria. *Mikrobiologiia*. [Microbiology]. 1999, no. 23, pp. 153-157. (In Russ.).

УДК 664.1.035.1

Профессор Н.Г. Кульнева, аспирант А.И. Шматова,
студент Ю.И. Манько

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии бродильных и сахаристых про-
изводств. тел. (473) 255-07-51

E-mail: ngkulneva@yandex.ru

Professor N. G. Kulneva, graduate A. I. Shmatova,
student Iu. I. Man'ko

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of fermentation and
sugar industries technology. phone (473) 255-07-51

E-mail: ngkulneva@yandex.ru

Микрофлора свеклосахарного производства: проблемы и пути решения

Microflora of beet sugar production: problems and solutions

Реферат. Сахарная свекла является одной из стратегических культур, обеспечивающих продовольственную безопасность России. Отсутствие специализированных складских помещений для собранного урожая не обеспечивает хранение корнеплодов долгое время. В случае наступления оттепели, размороженные корнеплоды уже непригодны для переработки. Свекла и продукты ее переработки является хорошим объектом для развития микроорганизмов. Постоянной микрофлорой сахарного производства являются: *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringes*, *Leuconostoc dextranicum*, *Torula alba*, *Pseudomonas fluorescens*, *Sarcina lutea* и другие виды микроорганизмов, приводящие к проблемной переработке свекловичного корня и снижению качества сахара-песка. Наиболее опасным является слизистый бактериоз - это бактериальное заболевание свеклы, вызванное гетероферментативными кокками рода лейконосток (*Leuconostoc mesenteroides*, *L. dextranicum*). Продуктом жизнедеятельности микроорганизмов является декстран, который синтезируется из сахарозы в результате декстранного или слизистого брожения и приводит к значительным технологическим проблемам при переработке инфицированной свеклы. Повышение эффективности сахарного производства связано со снижением потерь качества сырья при заготовке, хранении и переработке сахарной свеклы. На сахарных заводах используют различные препараты, подавляющие рост патогенной микрофлоры, но к ним наступает быстрая адаптация микроорганизмов, поэтому существует необходимость внедрения новых препаратов для предотвращения порчи корнеплодов и улучшения качества выпускаемого сахара-песка. Для решения проблемы экспериментально подобран бактерицидный препарат, определена его рациональная концентрация и условия применения в свеклосахарном производстве. Использование бактерицидного препарата в процессе экстрагирования позволяет повысить чистоту диффузионного сока на 1,3 %, снизить содержание белков в нем на 12,5 %; при этом чистота очищенного сока повышается на 1,1 %, его цветность снижается на 44,7 %.

Summary. Sugar beet is one of the strategic crops for food safety of Russia. The lack of specialized warehouse for harvest does not provide storage of roots for a long time. In the case of a thaw roots that have been defrosted unsuitable for processing. Beet and products of its processing is a good object for the development of microorganisms. Permanent microflora of sugar production are: *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringes*, *Leuconostoc dextranicum*, *Torula alba*, *Pseudomonas fluorescens*, *Sarcina lutea* and other kinds of microorganisms, leading to a problem processing of beet root and reduced quality of sugar. The most dangerous is the slimy bacteriosis is a bacterial disease beet caused by heterofermentative cocci of *Leuconostoc* (*Leuconostoc mesenteroides*, *L. dextranicum*). Product of the vital activity of microorganisms is dextran, which is synthesized from sucrose as a result of dextrany or mucous fermentation and leads to significant technological problems in processing of infected beet. Improving the efficiency of sugar production is connected with decrease in loss of quality of raw material preparation, storing and processing of sugar beet. At sugar plants use a variety of drugs that suppress the growth of pathogenic microflora, but there comes a rapid adaptation of microorganisms, therefore there is a need to implement new products to prevent damage to roots and improve the quality of produced sugar. To resolve this problem experimentally selected bactericidal drug, defined its rational concentration and conditions for the use in sugar beet production. The use of antibacterial drug in the process of extraction allows to increase the purity of diffusion juice 1.3 %, reduce the protein content in it (12.5 %); with the purity of the pure juice increases by 1.1 %, its color index is reduced by 44.7 %.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, *Leuconostoc mesenteroides*, обработка свекловичной стружки бактерицидными реагентами

Keywords: beet sugar production, *Leuconostoc mesenteroides*, processing of chips sugar-beet using bactericidal reagents

© Кульнева Н.Г., Шматова А.И., Манько Ю.И., 2014

В последние годы в Российской Федерации отмечается увеличение производства сахара-песка из отечественного сырья, при этом ежегодные объемы заготовки свеклы стабильно превышают 20 млн. т. В условиях ограниченной производственной мощности действующих сахарных заводов это приводит к тому, что все большая доля сырья проходит стадию хранения и нуждается в защите от неблагоприятных факторов [5]. В результате уровень потерь свекломассы в период послеуборочного хранения составляет в среднем 4,7 %, а в отдельные годы достигал 7,4–9,3 % от общей массы заготовленного сырья [4].

Причинами значительных потерь и снижения качества свекловичного сырья на стадии хранения являются: использование гибридов зарубежной селекции, не пригодных даже для среднесрочного хранения; несбалансированное применение минеральных удобрений; система севооборотов с короткой ротацией; технология обработки почвы без оборота пласта; высокий уровень механических повреждений корнеплодов при уборке и транспортировке урожая [1].

Все это способствует благоприятному развитию различных групп микроорганизмов. Основными источниками инфицирования продуктов сахарного производства могут быть почва, вода, воздух, тара, упаковочные материалы, транспортные средства, спецодежда, инвентарь. Постоянной сопутствующей микрофлорой являются *Bacillus subtilis*, *Clostridium perfringens*, *Leuconostoc dextranicum*, *Torula alba*, *Pseudomonas fluorescens*, *Sarcina lutea* и другие виды микроорганизмов, приводящие к проблемной переработке свекловичного корня и снижению качества сахара-песка [3].

Подмораживание и подвяливание корнеплодов также приводят к нарушению нормальных функций свеклы, ослабляют ее сопротивляемость и влекут к развитию кагатной гнили в процессе хранения.

Основные бактерии, обнаруженные в кагатной гнили, относятся к кислотообразующим и слизеобразующим видам, вызывающим брожение сахара и пектиновых веществ с образованием кислот, спирта, продуктов гидролиза пектиновых веществ и декстранов. В кагатной гнили обнаружены следующие бактериальные группы: группа гетероферментативного молочнокислого брожения, сбраживающих сахарозу с образованием молочной и других кислот и выделением газов; маслянокислые бактерии, которые разлагают пектиновые вещества свеклы, *Bacillus pectinovorum*; слизеобра-

зующие бактерии *Leuconostoc mesenteroides*, вызывающие ослизнение за счет превращения сахарозы в полисахарид декстран и другие.

Декстран ($C_6H_{10}O_5$)_n – это α-D-глюкан, синтезируемый самыми разными грамположительными и грамотрицательными бактериями. Если декстран присутствует в соке сахарной свеклы, выход сахара падает, если этот полисахарид попадает в сахар-сырец, то последующее рафинирование затрудняется. Декстран может формироваться в сиропной трубе или ионообменной колонке, а его удаление несет много сложностей.

Декстран с высокой молекулярной массой значительно снижает скорость фильтрования и образования зародышей $CaCO_3$, в результате чего карбонат кальция выпадает в виде мелкозернистого осадка, затрудняющего фильтрование. Установлено, что присутствие корнеплодов, пораженных слизистым бактериозом, в большей степени снижает чистоту диффузионного сока, чем наличие корнеплодов с гнилой тканью.

Отмечено, что развитию бактериоза всегда сопутствуют дрожжи из рода *Saccharomyces*, которые развиваются в симбиозе с бактериями. Дрожжи вызывают брожение сахарозы с образованием этилового спирта и диоксида углерода. В результате этого заболевания свекла превращается в сплошную слизистую бродящую массу с неприятным запахом. Такое сырье совершенно непригодно для переработки в сахар. Уничтожить уже развивающуюся кагатную гниль практически невозможно, а применение извести как антисептика недопустимо, так как щелочная реакция среды благоприятствует его развитию [2].

На сахарных заводах используют различные препараты, подавляющие рост патогенной микрофлоры. Использование в течение продолжительного времени одних и тех же препаратов вызывает привыкание микроорганизмов и необходимость увеличения его количества. Это приводит к увеличению концентрации реагентов, превышению их ПДК, что неблагоприятно отражается на протекании технологического процесса производства и самочувствии персонала предприятия.

Для решения вышеперечисленных проблем возникает необходимость разработки и применения новых препаратов. Сейчас рекомендованы к использованию препараты “Планриз”, “Фитоспорин М”, “Кагатник”, резистентность которых направлена на подавление возбудителей бактериальных и грибковых заболеваний растений. Состав их представлен

химическими или микробными компонентами. Основным компонентом препарата “Кагатник” является бензойная кислота, а компонентами “Планриз” и “Фитоспорин М” являются живые клетки бактерий *Pseudomonas fluorescens* AP-33 и *Bacillus subtilis* 26Д соответственно [1].

При переработке свекловичной стружки диффузионный сок из-за высокого содержания сахаров также является хорошим питательным субстратом для роста посторонней микрофлоры. При дальнейшей переработке сахарной свеклы микробная загрязненность проходит через все стадии технологического процесса, поэтому решение данной проблемы приобретает особую значимость.

В связи с этим на кафедре технологии бродильных и сахаристых производств ВГУИП проводятся экспериментальные исследования по подбору бактерицидных реагентов. Интерес представляют бактерицидные препараты, подавляющие рост *Leuconostoc mesenteroides* и другие виды микроорганизмов, входящих в состав микрофлоры свеклосахарного производства.

Экспериментально установлено, что добавление бактерицидного препарата в количестве 0,015 % к массе свекловичной стружки при проведении диффузии значительно снижает обсемененность среды (рисунок 1, 2).

Leuconostoc mesenteroides – грамположительные, неподвижные, неспорообразующие кокки. Клетки сферические или расположены парами или в цепочках, несколько вытянутой формы 0,5–0,7 или 0,7–1,2 мкм. Иногда наблюдаются длинные цепочки из коротких палочек с закругленными концами. Растут довольно медленно, образуя мелкие, иногда слизистые колонии на средах, содержащих сахарозу [6].

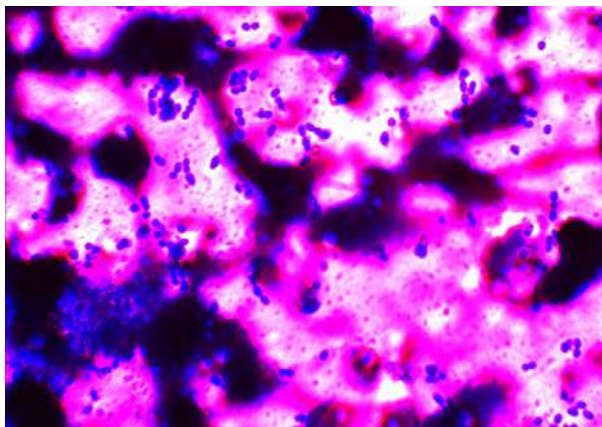


Рисунок 1. Среда, обсемененная *Leuconostoc mesenteroides*, перед обработкой бактерицидным препаратом

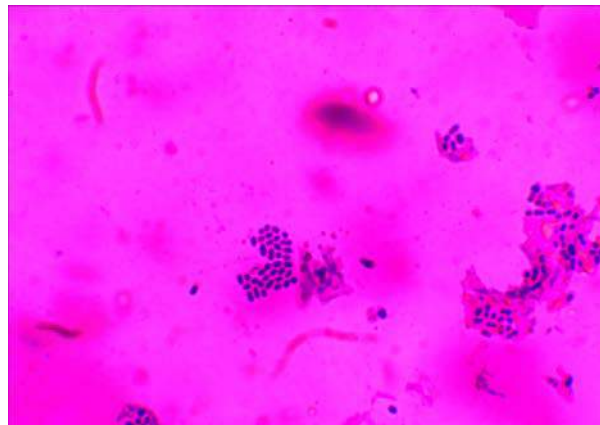


Рисунок 2. Среда, обсемененная *Leuconostoc mesenteroides*, после обработки бактерицидным препаратом

Экспериментально установлено, что использование бактерицидного препарата благоприятно влияет на качественные показатели диффузионного и очищенного соков (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Сравнительная характеристика способов проведения диффузии

Показатели	Типовая диффузия	Диффузия с использованием бактерицидного препарата
Диффузионный сок		
Чистота, %	89,6	90,9
Массовая доля белков, г/100 г сока	0,28	0,32
Очищенный сок		
Чистота, %	91,6	92,7
Цветность, усл.ед.	16,1	8,9
Соли кальция, % СаО	0,030	0,021

Применение бактерицидного препарата в процессе экстрагирования позволяет:

- повысить чистоту диффузионного сока на 1,3 %, снизить содержание белков в нем на 12,5 %;
- повысить чистоту очищенного сока на 1,1 %, снизить его цветность на 44,7 %, содержание солей кальция на 30,0 %;
- достигнуть прогнозируемого повышения выхода сахара-песка на 0,25 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Апасов И.В., Фоменко Г.К., Путилина Л.Н. Эффективность препаратов для повышения сохранности сахарной свеклы при хранении // Технология высоких урожаев. 2011. № 4. С. 37–39.
- 2 Кирова К.А., Слюсаренко Т.П. Руководство к практическим занятиям по микробиологии пищевых производств: учеб. пособие. М.: Пищепромиздат, 1961. С. 280–283.
- 3 Корнеева О.С., Спивакова Л.В., Мальцева Т.В. Основы микробиологического и санитарно-гигиенического контроля на предприятиях свеклосахарной промышленности: учеб. пособие. Воронеж, ВГТА, 2006. С. 5–22.
- 4 Сапронов Н.М., Бердников А.С., Косулин Г.С. Хранение сахарной свеклы современных гибридов с применением полифункциональных консервантов // Сахарное производство. 2011. № 8. С. 26–28.
- 5 Подпоронова Г.К., Смирнов М.А., Путилина Л.Н. Влияние препарата Фитоспорин-М на сохранность корнеплодов сахарной свеклы в кагатах // Сахарное производство. 2010. № 9. С. 41–42.
- 6 Хоулт Дж., Криг Н., Снит П., Стейли Дж. и др. Определитель бактерий Берджи: справочник. Москва, Мир, 1997. 538 с.
- 7 Кульнева Н.Г., Шматова А.И. Проблемы переработки сахарной свеклы // Актуальная биотехнология. 2012. № 2. С. 32–33.

REFERENCES

- 1 Apasov I. V., Fomenko G.K. The effectiveness of drugs to enhance the conservation of sugar beet during storage. *Tekhnologiya vysokikh urozhayev*. [Technology of high yields], 2011, no. 4, pp. 37–39. (In Russ.).
- 2 Kirova K.A., Sliusarenko T.P. *Rukovodstvo k prakticheskim zaniatiyam po mikrobiologii pishchevukh proizvodstv* [Manual of practical training in microbiology of food production]. Moscow, Pishchepromizdat, 1961. pp. 280–283. (In Russ.).
- 3 Korneeva O.S., Spivakova L.V., Mal'tseva T.V. *Osnovy mikrobiologicheskogo i sanitarnogigienicheskogo kontrolya na predpriyatiakh sveklosakharnoi promyshlennosti* [Basics of microbiological and sanitary-hygienic control in enterprises of the sugar industry]. Voronezh, VSTA, 2006. pp. 5–22. (In Russ.).
- 4 Sapronov N.M., Berdnikov A.S., Kosulin G.S. Storage of sugar beet modern hybrids with application of polyfunctional preservatives. *Sakharnoe proizvodstvo*. [Sugar production], 2011, no. 8, pp. 26–28. (In Russ.).
- 5 Podporinova G.K., Smirnov M.A., Putilina L.N. The effect of the drug Fitosporin-M on the safety of root crops of sugar beet in kagat. *Sakharnoe proizvodstvo*. [Sugar production], 2010, no. 9, pp. 41–42. (In Russ.).
- 6 Hoult J., Krig N., Snit P., Staley J. et al. *Opredelitel' bakterii Berdzhi* [The determinant of bacteria Bergi]. Moscow, Mir, 1997. 538 p. (In Russ.).
- 7 Kulneva N.G., Shmatova A.I. Problems of processing of sugar beet. *Aktual'naya biotekhnologiya*. [Modern biotechnology], 2012, no. 2, pp. 32–33. (In Russ.).

УДК 637. 615.35

Профессор Г.В. Попов, старший преподаватель И.С. Косенко,
соискатель М.В. Спиридонова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления качеством и машиностроительные
технологии. тел. (473) 255-15-49
E-mail: inullya@mail.ru

Professor G.V. Popov, senior teacher I.S. Kosenko,
graduate M.V. Spiridonova
(Voronezh state university of engineering technology) Department quality managements and
machine-building technologies. phone (473) 255-15-49
E-mail: inullya@mail.ru

Применение фуллеренов для идентификации мясных продуктов содержащих кленбутерол

Application fullerene for identification of meat products containing clenbuterol

Реферат. В современных условиях большинство развивавшихся животноводческих комплексов применяют различные химические добавки, для вскармливания скота. Одним из таких препаратов является кленбутерол. Кленбутерол - это β -2-адреностимулятор, принадлежащий к группе β -агонистов, которые стимулируют рост мышечной массы и регулируют соотношение жировой и мышечной ткани при выращивании сельскохозяйственных животных и птицы. В России опубликованы результаты исследований, в которых рекомендуется применять кленбутерол в качестве стимулятора роста при выращивании крупного рогатого скота. При этом риск воздействий остаточного содержания препарата в продукции животноводства на здоровье потребителей не оценивался. Нами были проведены исследования в области изучения свойств фуллеренов и кленбутерола и их возможности взаимодействия между собой. Для идентификации кленбутерола в мясном сырье был проведен синтез Прато, основанный на функционализации фуллеренов C60 и C70, заключающийся в превращении его в пирролофуллерены по реакции 1,3-диполярного циклоприсоединения азометин-илидов по кратным связям C=C фуллеренового ядра. Реакция прошла с выделением осадка темного цвета, анализ которого доказал, что это продукт взаимодействия исследуемых нами веществ. Данный эксперимент дает возможность идентифицировать кленбутерол фуллеренами.

Summary. In modern conditions the majority of developing livestock complexes, various chemical additives, apply to cattle feeding. One of such preparations is clenbuterol. Clenbuterol is β -2-adrenostimulyator belonging to group β -agonist who stimulate growth of muscular weight and regulate a ratio of fatty and muscular tissue at cultivation of agricultural animals and birds. In Russia results of researches in which it is recommended to apply clenbuterol as a growth factor at cattle cultivation are published. Thus the risk of influences of the residual maintenance of a preparation in animal husbandry production on health of consumers wasn't estimated. We conducted researches in the field of studying of properties fullerene and clenbuterol and their opportunities interaction among themselves. For identification clenbuterol in meat raw materials the synthesis of Prato based on a functionalization fullerene by C60 and C70 consisting in its transformation in fullerene on reactions of a 1,3-dipolar cycloaddition of azomethine ylide on multiple communications of C=C of a fullerene kernel was moved. Reaction took place with allocation of a deposit of the dark color which analysis proved that is a product of interaction of substances investigated by us. This experiment gives the chance to identify clenbuterol fullerene.

Ключевые слова: мясо, идентификация, фуллерены, кленбутерол, качество

Keywords: meat, identification, fullerene, clenbuterol, quality

Проблема безопасности мяса и мясных продуктов является важной частью социально-го благополучия населения. В последние годы данный фактор приобретает большую актуальность в связи с тем, что предприятия стали активно использовать для переработки импортное мясо. Это связано с ужесточением мер по предотвращению попадания в производство несвежего или недоброкачественного мясного сырья.

При вступлении России в ВТО открывается возможность дополнительного увеличения объема международной торговли мясом не только в замороженном, но и в охлажденном состоянии со странами ближнего и дальнего зарубежья. При импорте скоропортящейся продукции, в том числе и мясного сырья, особое внимание должно уделяться показателям свежести и безопасности [1].

© Попов Г.В., Косенко И.С., Спиридонова М.В., 2014

На сегодняшний день импорт мясной продукции возрастает из Бразилии, Китая, Мексики, Уругвая, Испании, Франции, Канады, Дании, США. Во многих из них были зафиксированы случаи обнаружения в мясе остатков кленбутерола.

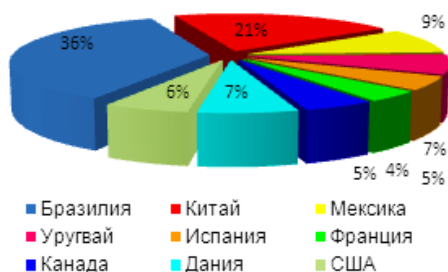


Рисунок 1. Импорт мяса в Россию

Люди, потреблявшие мясо, впитавшее Кленбутерол, заболевали самыми различными заболеваниями - от распухания щитовидной железы, сердечно-сосудистых нарушений и заболеваний печени до сильнейших приступов аллергии. В тысячах случаев была зарегистрирована рвота, слабость, головокружение, лихорадка и озноб. Наиболее тяжелые случаи включали нарушение сердцебиения, внутренние кровотечения и спазмы сосудов. Несколько человек умерло, несмотря на то, что мясо животных содержало кленбутерол в ничтожной концентрации один к миллиарду.

Однако при добавлении в корма кленбутерола животные дали 20-процентный прирост мышечной массы за четырнадцать дней. Препарат сразу же нашел нелегальное применение.

Широко используемым методом контроля является иммуноферментный анализ, который для потребителя достаточно дорогостоящий и трудоемкий [3]. Перспективным направлением для создания экспресс-метода является применение фуллерен-содержащих материалов, вступающих в реакцию с молекулами кленбутерола. Для определения механизмов взаимодействия и реализации экспресс-метода проведены эксперименты, позволяющие рекомендовать следующую методику анализа. Опытным путем было определено взаимодействие фуллеренов и кленбутерола.

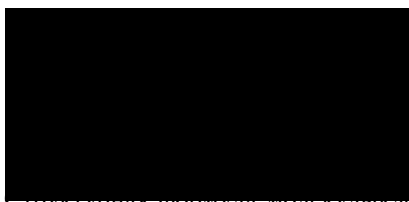


Рисунок 2. Структурная формула молекулы кленбутерола

Для этого была проведена реакция Плато, которая заключается в функционализации фуллеренов C₆₀ и C₇₀ и превращении их в пирролофуллерены по реакции 1,3-диполярного цикла присоединения азометинилидов по кратным связям C=C фуллеренового ядра, это наиболее изученный аминокислотный вариант, в котором илиды образуются в результате взаимодействия аминокислоте карбонильными соединениями.

Исходным образцом служил, раствор, состоящий из кленбутерола и воды. В ходе реакции осуществлено присоединение молекулы кленбутерола к молекуле фуллерена, о чем свидетельствует образование темного осадка (рисунок 3)



Рисунок 3. Раствор после добавления фуллерена, с выделением осадка

С помощью спектрофотометрического анализа было определено минимальное количество кленбутерола, необходимое для реакции с фуллереном (рисунок 4).

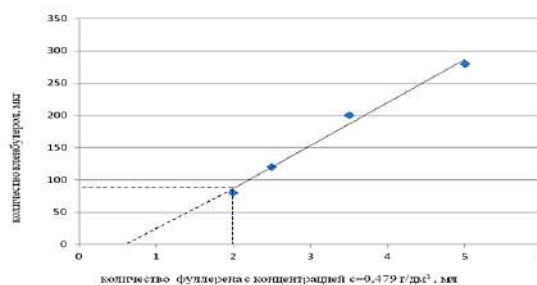


Рисунок 4. Количественное соотношение кленбутерола и фуллерена

Из рисунка 4 видно, что минимальное количество кленбутерола, необходимое для реакции с фуллереном составляет 80 мкг, а фуллерена с концентрацией $C=0,479 \text{ г/дм}^3$ – 2 мл.

Концентрацию фуллерена определили методом спектрофотометрии (рисунки 5, 6).

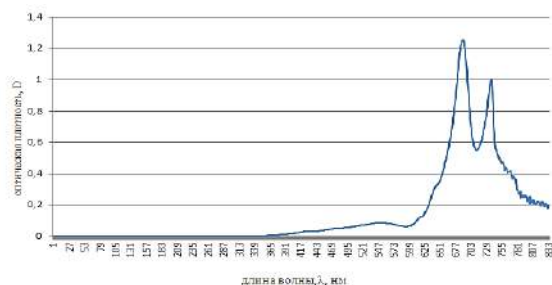


Рисунок 5. Спектрофотометрический анализ

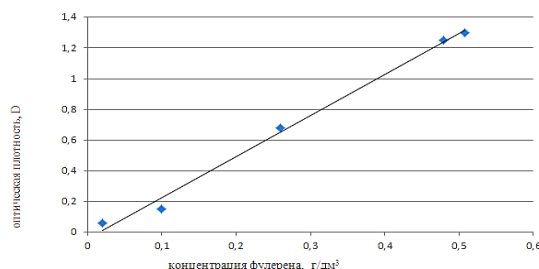


Рисунок 6. Калибровочная линия

Для того чтобы определить взаимодействие фуллеренов с кленбутеролом в присутствии мясных белков, была проведена экстракция мясного сырья, содержащего кленбутерол, а затем по реакции Прато определили, что в растворе выделился продукт реакции в виде темного осадка (рисунок 7).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Жаринов А.И., Серегин И.Г., Резвых А.В. Определение свежести и безопасности мясного сырья // Мясная индустрия. 2013. № 2. С. 12-15.
- 2 Попов Г.В., Косенко И.С., Спиридонова М. В. Проблемы идентификации продуктов животного происхождения, содержащих кленбутерол // Актуальная биотехнология. 2012. № 3 (2). С. 13-15.
- 3 Комаров А.А., Вылегжанина Е.С., Латышев О.Е., Скрининг-определение Кленбутерола в сетчатке животных методом иммуноферментного анализа // Материалы Всероссийского ветеринарного конгресса и XIV Международного Московского конгресса по болезням мелких домашних животных. Москва, 2006. С. 181-182.

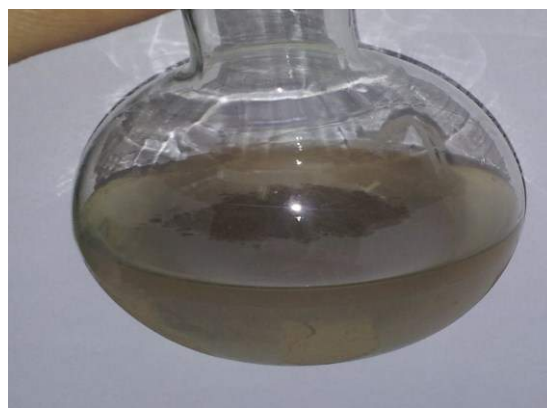


Рисунок 7. Раствор после добавления фуллерена, с выделением осадка в присутствии мясных белков

Для подтверждения того, что фуллерен вступает в реакцию именно с кленбутеролом, а не с другими реагентами, был проведен контрольный эксперимент с экстрактом мясного сырья, не содержащего кленбутерол. В исследуемом растворе продуктов реакции не выделилось.

Таким образом, опытным путем было установлено, что фуллерены способны идентифицировать продукты животного происхождения, содержащие кленбутерол.

REFERENCES

- 1 Zharinov A.I., Seregin I.G., Rezvykh A.V. Definition of freshness and safety of meat raw materials. *Miasnaia industriia*. [Meat industry], 2013, no. 2, pp. 12-15. (In Russ.).
- 2 Popov G.V., Kosenko I.S., Spiridonova M.V. Problems of identification of products of the animal origin containing clenbuterol. *Aktual'naia biotekhnologiya*. [Modern biotechnology], 2012, no. 3(2), pp. 13-15. (In Russ.).
- 3 Komarov A.A., Vylegzhanina E.S., Latshev O. E. Klenbuterol's screening definition in a retina of animals a method of the immunofluorescent analysis. *Materialy Vserossiiskogo veterinarnogo kongressa i XIV Mezhdunarodnogo kongressa po bolezniam melkikh domashnikh zhivotnykh* [Materials of All-Russian congress of veterinary and XIV Moscow international congress on diseases of small animals]. Moscow, 2006. pp. 181-182. (In Russ.).

УДК 664:338.4

Профессор А.Н. Полозова,
старший преподаватель И.В. Шамрина, доцент М.Л. Нейштадт,
(АОНО «Институт менеджмента, маркетинга и финансов») кафедра экономической теории и бухгалтерского учета. тел. (473)235-55-19
E-mail: annapollo@yandex.ru

доцент Е.В. Горковенко
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга. тел. (473) 255-37-82
E-mail: gorek@mail.ru

Professor A.N. Polozova,
senior lecturer I.V. Shamrina, associate Professor M.L. Neishtadt,
(Voronezh, Russia, Institute of Management, Marketing and Finance) Department of economics and accounting, phone 89081395523
E-mail: annapollo@yandex.ru
associate Professor E.V. Gorkovenko
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of economic security and financial monitoring, phone (473) 255-37-82
E-mail: gorek@mail.ru

Процедура экономического мониторинга рыночной позиции промышленной организации

Procedure for analysis and evaluation of market position production organization

Реферат. Изложены методические процедуры экономического мониторинга рыночной позиции промышленной организации, в частности, относящихся к пищевым производствам, включающие 5 элементов: матрицу «компонент бизнес-процессов», матрицу «существенность-эффективность», матрицу «существенность-релевантность», матрицу преимущественных и препятствующих факторов, матрицу сценариев функционирования. Обоснованы компоненты оценки сильных и слабых сторон бизнес-деятельности организаций, характеризующих состояние внутренней бизнес-среды по элементам: производство, организация, персонал, финансы, маркетинг. Описаны преимущества матрицы «существенность - релевантность», включающей 2 уровня существенности – высокая и низкая и 3 направления релевантности – «не изменится», «приобретет важность в будущем», «утратит важность в будущем». Изложено содержание матрицы «сценариев функционирования организации», предусматривающих 6 атрибутивных уровней, 10 классов сценариев, 19 направлений деятельности, в том числе оптимистическое и пессимистическое. Дана оценка преимущественным классам сценариев, характеризующимися свойствами «развитие», «динамическое равновесие», «качественное совершенствование», «конкурентоспособность», «благоприятная реализация возможностей», «конкурентоустойчивость».

Summary. Methodical procedures economic monitoring market position of industrial organization, particularly those relating to food production, including the 5 elements: matrix «component of business processes», matrix «materiality – efficiency», matrix «materiality – relevant», matrix emption and hindering factors matrix operation scenarios. Substantiated components assess the strengths and weaknesses of the business activities of organizations that characterize the state of internal business environment on the elements: production, organization, personnel, finance, marketing. The advantages of the matrix «materiality – relevance» consisting of 2 materiality level - high and low, and 3 directions relevance – «no change», «gain importance in the future», «lose importance in the future». Presented the contents of the matrix «scenarios functioning of the organization», involving 6 attribute levels, 10 classes of scenarios, 19 activities, including an optimistic and pessimistic. The evaluation of primary classes of scenarios, characterized by the properties of «development», «dynamic equilibrium», «quality improvement», «competitiveness», «favorable realization of opportunities», «competition resistance».

Ключевые слова: экономический мониторинг, рыночная позиция, компоненты анализа, бизнес-среда, матрица сценариев функционирования, конкурентоспособность

Keywords: economic monitoring, market position, the components of the analysis, the business environment, the matrix of scenarios of operation, competitiveness

© Полозова А.Н., Шамрина И.В., Нейштадт М.Л.,
Горковенко Е.В., 2014

Для выработки управленческих решений, обеспечивающих устойчивую бизнес-деятельность организаций пищевых производств, необходимо постоянно оценивать их экономическую состоятельность, в том числе рыночную позицию по комплексу параметров, показателей, индикаторов [1; 5; 6; 9]. В условиях жестких границ динамичной конкурентной среды повышение конкурентоустойчивости организаций наталкивается на ряд трудностей, объективно являющихся прямым или косвенным следствием воздействия рыночных условий ведения бизнеса [2; 4; 8]. Для того чтобы разрабатывать и принимать преобразующие управленческие решения, необходимо регулярно проводить экономический мониторинг позиции организации в конкурентной среде [3; 7; 10; 11], в том числе рыночной позиции.

Методический подход к мониторингу рыночной позиции основан на наблюдении и оценке, включающих следующие этапы и элементы:

этап 1) матрица «компонент бизнес-процессов (сильные и слабые стороны бизнеса)»;

этап 2) матрица «существенность-эффективность»;

этап 3) матрица «существенность-релевантность» (разработана Полозовой А.Н. [5, с. 130]);

этап 4) матрица преимущественных и препятствующих факторов (разработана Шамриной И.В.) [10; 11];

этап 5) матрица сценариев функционирования (разработана Полозовой А.Н. [4, с. 18]).

Этап 1. Компонентный анализ сильных и слабых сторон бизнеса. Оценка сильных и слабых сторон бизнес-процессов характеризует исследование внутренней бизнес-среды организации. Внутренняя среда имеет несколько составляющих, каждая из которых включает набор значимых процессов и элементов организации, состояние которых в совокупности определяет не только потенциал, но и реальные возможности, которыми располагает организация [4; 8]. Характеристика элементов внутренней среды и их показателей приведена на рисунке 1.

Сущность данного подхода заключается в оценке уровня и возможностей осуществления бизнес-деятельности организации в двух аспектах. Говоря о настоящем положении организации, определяют ее преимущества и недостатки, а призма будущего выявляет возможности продолжения дальнейшей деятельности и препятствия их реальной реализации.

Результаты сводятся в таблицу (матрицу), которая дает информацию для принятия управленческих решений по преодолению недостатков и реализации рыночных преимуществ с учетом выявленных возможностей.

Этап 2. Матрица «существенность – эффективность» (СЭ). На основе анализа сильных и слабых сторон деятельности организации строится традиционная матрица «существенность-эффективность», в которой делаются выводы по результатам анализа элементов внешней, сопряженной и внутренней бизнес-среды.

Этап 3. Матрица «существенность – релевантность» (СР). На основе анализа сильных и слабых сторон деятельности организации строится матрица «существенность-релевантность» (СР), в которой делаются выводы по результатам динамического анализа элементов хозяйственного процесса внутренней среды (таблица 1).

Поле ВН характеризует предпочтительную неизменность состояния экономических элементов в перспективе; поле ВБ свидетельствует о том, что данные экономические элементы удержат в перспективе свои высокие позиции и поэтому нуждаются в развитии; поле ВУ характеризует элементы, которые требуют особого внимания организации; поле НН показывает позитивную устойчивость динамики малоэффективных элементов; поле НБ показывает высокую значимость элементов в будущем; поле НУ констатирует соответствующую реакцию организации по малозначимым элементам.

Этап 4. Для того чтобы поддерживать экономическую состоятельность в долгосрочной перспективе, организация должна уметь предвосхитить трудности, которые могут возникнуть на ее пути в будущем, а также мобилизовать возможности, которые могут открыться для нее. Поэтому мониторинг, изучая (наблюдая и оценивая) внешнюю бизнес-среду, концентрирует внимание на выяснении того, какие препятствия и возможности несет в себе конкурентная среда. Иначе говоря, на данном этапе выявляются факторы, воздействующие на конкурентоустойчивость организации: имеющие место и позитивно влияющие на бизнес-процессы; имеющие место и препятствующие росту стоимости бизнеса; подлежащие развитию в будущем как способствующие повышению устойчивого развития; могут быть в будущем причиной неустойчивости деятельности и снижения стоимости бизнеса.



Рисунок 1. Характеристика элементов внутренней бизнес-среды организации

Т а б л и ц а 1

Матрица «существенность – релевантность»

Существенность	Релевантность		
	Не изменится	Приобретет важность в будущем	Утратит важность в будущем
Высокая	Поле ВН	Поле ВБ	Поле ВУ
Низкая	Поле НН	Поле НБ	Поле НУ

Этап 5. Матрица сценариев функционирования организации. Если рассматривать функционирование организации как бизнес-деятельность, то логично выделить такие её характеристики как формы (развитие; равновесие; стагнация); характер изменений (интенсивное развитие, экстенсивное развитие; динамическое равновесие, статическое равновесие; благоприятная реализация возможностей, кризис); результат изменений [качественное улучшение, качественный регресс; рост, паде-

ние (свертывание); выживание, разорение]; цель (устойчивая конкурентоспособность); итоги (неконкурентоспособность – самоликвидация, банкротство).

Не вызывает сомнения факт наличия определённых взаимосвязей между перечисленными характеристиками деятельности, что подтверждается схематично (рисунок 2).

С целью моделирования сценариев функционирования организации, необходимо использовать специальную матрицу (рисунок 3).

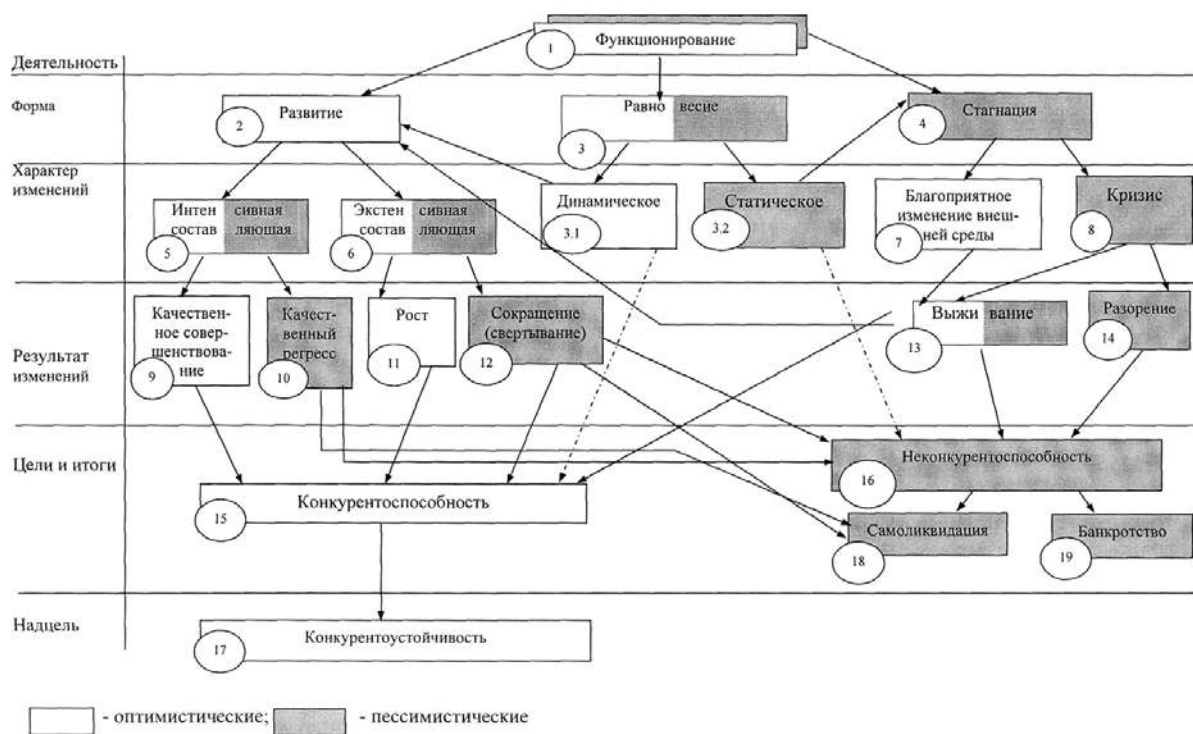


Рисунок 2. Характеристики функционирования организаций и их взаимосвязь

Матрица имеет шесть атрибутивных уровней (отделены горизонтальными линиями), 19 разновидностей деятельности, 11 оптимистических направлений (светлое поле), 13 пессимистических направлений (темное поле). Следуя экономической логике, можно рас-

смотреть множество сценариев деятельности коммерческих организаций. Простейшим (и наиболее распространённым) вариантом сценария является такой, когда организация развивается качественно, но не имеет количественного роста и наоборот.

Функционирование					
1					
2	Развитие	Равно весие		4 Стагнация	
		Динамическое	Статическое		
5	Интенсивная составляющая развития	6 Экстенсивная составляющая развития	7 Благоприятная реализация возможностей	8 Кризис	
9	Качественное совершенствование	11 Рост	12 Сокращение (свёртывание)	13 Выживание	14 Разорение
10	Качественный регресс				
15	Конкурентоспособность		16 Неконкурентоспособность		
17	Конкурентоустойчивость		18 Самоликвидация	19 Банкротство	

Рисунок 3. Матрица сценариев функционирования организации

Как следствие, своеобразной совместимости экстенсивной и интенсивной составляющей развития в отдельных случаях возникают ситуации, когда результатами функционирования организации становятся нежелательные явления – замедление развития, свёртывания производства и т.д.

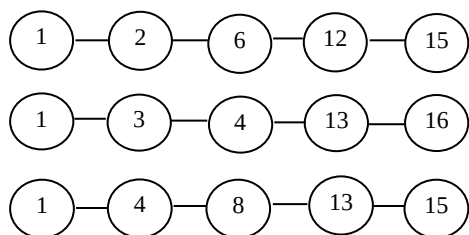
На основе данной матрицы можно моделировать 10 классов сценариев. Данная система взаимодействий не претендует на исчерпывающую характеристику, так как все их модификации рассмотреть сложно. Однако априорные исследования показывают, к примеру, что в настоящее время рыночное состояние подавляющего большинства организаций по производству пищевых продуктов можно охарактеризовать посредством следующих классов: 1 – способность устойчиво конкурировать; 2 – способность конкурировать; 3 – стабильное благополучие; 4 – нестабильное благополучие; 5 – временное благополучие; 6 – неустойчивое благополучие; 7 – стабильное

неблагополучие; 8 – регресс; 9 – устойчивое неблагополучие; 10 – депрессия.

С экономической точки зрения процессы, протекающие в границах определённого класса, характеризуются следующими составляющими (рисунок 4). Преимущественными среди составляющих конкретных классов являются «развитие», «динамическое равновесие», «качественное совершенствование», «конкурентоспособность», «благоприятная реализация возможностей», «конкурентоустойчивость».

Представляет определённый интерес рассматривать ситуационные особенности названных классов сценариев посредством имитационного подхода к оценке функционирования организации пищевого профиля (по соответствующим производствам).

Рыночное состояние большинства организаций сахарного производства можно охарактеризовать следующими классами:



класс 6 «неустойчивое благополучие»;

класс 7 «стабильное неблагополучие»;

класс 4 «нестабильное благополучие».

1 – Способность устойчиво конкурировать

2 – Способность конкурировать

3 – Стабильное благополучие

4 – Нестабильное благополучие

5 – Временное благополучие

Функционирование
Развитие:
интенсивное / экстенсивное
Качественное совершенствование
Рост
Конкурентоспособность
Конкурентоустойчивость

Функционирование
Развитие:
интенсивное
Качественное совершенствование
Конкурентоспособность

Функционирование
Равновесие (динамическое)
Конкурентоспособность

Функционирование
Стагнация
Благоприятная реализация возможностей / кризис
Выживание
Конкурентоспособность

Функционирование
Развитие:
экстенсивное
Рост
Конкурентоспособность

6 – Неустойчивое благополучие

7 – Стабильное неблагополучие

8 – Регресс

9 – Устойчивое неблагополучие

10 – Депрессия

Функционирование
Развитие:
экстенсивное
Сокращение (свёртывание)
Конкурентоспособность

Функционирование
Равновесие (статическое)
Неконкурентоспособность

Функционирование
Развитие:
экстенсивное / интенсивное
Сокращение / качественный регресс
Неконкурентоспособность

Функционирование
Стагнация
Кризис
Выживание
Неконкурентоспособность
Самоликвидация

Функционирование
Стагнация
Кризис
Разорение
Неконкурентоспособность
Банкротство

Рисунок 4. Классы сценариев функционирования организаций

Направление класса 7 показывает такие процессы функционирования организаций, когда деятельность приближается к стагнации, но, несмотря на использование позитивных факторов внешней среды, конкурентные позиции неудовлетворительны.

Направление класса 4 показывает такие процессы функционирования организаций, когда деятельность остановлена в развитии, но организация временно выживает и относительно конкурентоспособна.

Анализ процессов, факторов, условий и тенденций бизнес-деятельности организаций могут дать основания признать наличие и других сценариев осуществления деятельности (например, позитивного характера) [1; 3]. Обращают на себя внимание выявленные нами наиболее распространенные обстоятельства:

- развивающаяся деятельность нетождественна росту;

- несмотря на свёртывание процесса производства, организации обладают запасом конкурентоспособности, имеют возможности

позитивных изменений, то есть развития интенсивных факторов;

- равновесие равным образом распространяется как на процессы роста, так и свёртывания деятельности;

- интенсивное развитие может приводить к регрессивным последствиям;

- кризисное состояние организации (низкая рентабельность, неплатежеспособность, убытки) не всегда порождает разорение и банкротство;

- экстенсивный рост в большинстве случаев не сопровождается качественным совершенствованием.

Отсюда можно сделать вывод, который необходимо принимать во внимание при разработке управленческих решений в ходе анализа рыночных позиций организации: современная бизнес-деятельность промышленных организаций не свободна от возможности реального сокращения (свёртывания) производства, угрозы банкротства, или стабильного роста на фоне отсутствия развития.

ЛИТЕРАТУРА

1 Брянцева Л.В., Нуждин Р.В., Воробьев И.Н. Системный подход к технологии сбалансированного менеджмента // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. № 4. С. 167-171.

2 Нуждин Р.В., Полозова А.Н. Методические подходы к определению и распределению синергетического эффекта // Экономика и предпринимательство. 2012. № 1. С. 244-248.

3 Полозова А.Н. Мониторинг развития организаций сахарной промышленности // Сахар. 2004. № 1. С. 8-14.

4 Полозова А.Н. Стратегия управления устойчивым развитием организаций сахарной промышленности // Сахар. 2003. № 6. С. 16-22.

5 Полозова А.Н., Брянцева Л.В. Управленческий анализ в отраслях: учеб. пособие. М.: КНОРУС, 2010. 336 с.

6 Полозова А.Н., Горковенко Е.В. Инструменты управления развитием промышленных организаций // Российское предпринимательство. 2010. № 7. С. 36-42.

7 Полозова А.Н., Нуждин Р.В. Мониторинг развития организаций сахарной промышленности // Сахар. 2004. № 2. С. 13-20.

8 Полозова А.Н., Ярцева И.М., Горковенко Е.В. Инновационные аспекты процессного управления в свеклосахарном производстве // Экономика и предпринимательство. 2012. № 1(24). С. 139-141.

9 Сироткина Н.В. Концепция индикативного управления предприятиями пищевой промышленности // Российское предпринимательство. 2008. № 6. С. 118-122.

10 Совик Л.Е., Шамрина И.В. Процессный подход к формированию мониторинга бизнес-деятельности промышленных организаций // Экономика и управление. 2013. № 3. С. 50-55.

11 Шамрина И.В., Полозова А.Н., Горковенко Е.В. Бизнес-модель экономического мониторинга деятельности промышленных организаций // Экономика и предпринимательство. 2013. № 6. С. 259-262.

REFERENCES

1 Briantseva L.V., Nuzhdin R.V., Vorobev I.N. System balanced approach to technology management. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 4, pp. 167-171. (In Russ.).

2 Nuzhdin R.V., Polozova A.N. Methodological approaches to the identification and distribution of the synergistic effecting. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. [Economics and Entrepreneurship], 2012, no. 1, pp. 244-248. (In Russ.).

3 Polozova A.N. Monitoring the development of the sugar industry organizations. *Sakhar*. [Sugar], 2004, no. 1, pp. 8-14. (In Russ.).

4 Polozova A.N. Strategy of Sustainable Development of the sugar industry. *Sakhar*. [Sugar], 2003, no. 6, pp. 16-22. (In Russ.).

5 Polozova A.N., Briantseva L.V. *Upravlencheskiy analiz v otrasliakh* [Management analysis in industries]. Moscow, KNORUS, 2010, 336 p. (In Russ.).

6 Polozova A.N., Gorkovenko E.V. Tools Development Management of Industrial Organizations. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo*. [Russian Entrepreneurship], 2010, no. 7, pp. 36-42. (In Russ.).

7 Polozova A.N., Nuzhdin R.V. Monitoring the development of the sugar industry organizations. *Sakhar*. [Sugar], 2004, no. 2, pp. 13-20. (In Russ.).

8 Polozova A.N., Iartseva I.M., Gorkovenko E.V. Innovative aspects of process control in sugar beet production. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*.

[Economics and Entrepreneurship], 2012, no. 1 (24), pp. 139-141. (In Russ.).

9 Sirotkina N.V. Indicative management concept of the food industry. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo*. [Russian Entrepreneurship], 2008, no. 6, pp. 118-122. (In Russ.).

10 Sovik L.E., Shamrina I.V. Process approach to the formation of monitoring the business activities of industrial organizations. *Ekonomika i upravlenie*. [Economics and Management], 2013, no. 3, pp. 50-55. (In Russ.).

11 Shamrina I.V., Polozova A.N., Gorkovenko E.V. Business model of economic monitoring of industrial organizations. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. [Economics and Entrepreneurship], 2013, no. 6, pp. 259-262. (In Russ.).

УДК 338.24

Профессор Ю.А. Саликов, соискатель И.А. Гончарова,
соискатель А.С. Барзенкова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики. тел. (473)255-27-10

E-mail: saural@rambler.ru

Professor Iu.A. Salikov, applicant I.A. Goncharova,
applicant A.S.Barzenkova

(Voronezh state university of engineering technology) Department of management,
organization of production and industrial economics. phone (473)255-27-10

E-mail: saural@rambler.ru

Анализ внешних факторов влияния на инновационную активность промышленного предприятия

Analysis of the external factors of influence on innovation activity of an industrial enterprise

Реферат. Для обеспечения своего успешного функционирования предприятие должно стремиться как можно глубже и динамичнее воздействовать на параметры и объекты окружающей среды, прежде всего за счет повышения своей инновационной активности. Инновационная активность предприятия подвержена влиянию многих факторов, которые принято подразделять на факторы прямого воздействия (микросреды) и факторы косвенного воздействия (макросреды). Факторы прямого воздействия в целом влияют на темпы и масштабы развития предприятия, на эффективность его деятельности, поскольку весь спектр этих факторов выступает своеобразным ограничителем. Факторы макросреды создают общие условия существования предприятия во внешней среде. Для изучения степени влияния данных факторов был применен общепринятый SNW-анализ, по результатам которого рассматриваемые факторы микро и макросреды были классифицированы на стимулирующие, нейтральные и сдерживающие. Вместе с тем, в рамках описываемого исследования изучена степень влияния данных факторов на инновационную активность предприятия, а также рассмотрен рейтинг факторов, препятствующих развитию инновационной деятельности промышленных предприятий. В результате этого выявлены факторы, тормозящие развитие инновационной активности, и обоснованы направления их преодоления. Следует отметить, что грань между стимулирующими и тормозящими факторами является достаточно тонкой и условной. Так, факторы, изначально сдерживающие инновационную активность, в определенный момент времени могут трансформироваться в стимул для её развития. Учет данных факторов, создание необходимых условий и внедрение инноваций на промышленных предприятиях позволит им обеспечивать отличительные конкурентные преимущества и устойчивое развитие в динамично меняющихся условиях внешнего окружения.

Summary. For successful functioning and development of the enterprise is a need to strive as possible deeper and more dynamic influence on parameters and objects OK-environmental management, primarily due to increase their innovation activity. Innovative activity of enterprises influenced by many factors. They can be classified on the factors of direct influence (micro) and factors of indirect impacts (macro). Factors of direct impact of the influence on the pace and scale of development of the enterprise, on its effectiveness, because the whole spectrum of these factors acts as a limiter. Macro factors create the General conditions of existence of the enterprise in the external environment. To analyses these factors approach was used to SNW-analysis. As a result of analysis, factors of micro and macro-were classified on: stimulating, it minesweepers and dissuasive. Also studied were the degree of influence of these factors on the innovative activity of the enterprise. Reviewed rating factors hindering the development of innovation activity of industrial enterprise in Russia. In the result of which identified factors that hinder the development of innovative activity, and justified in the direction of overcoming them. It should be noted that the distinction between enabling and constraining factors is rather thin and conditional. So, the factors initially restraining innovation, at a certain point can be transformed into a stimulus for its development. Accounting for these factors, creation of necessary conditions and introduction of innovations in various aspects of the functioning of industrial enterprises will allow them to provide competitor-term benefits and sustainable development in a rapidly changing environment and the external environment.

Ключевые слова: факторы внешней среды и их оценка, инновационная активность промышленного предприятия.

Keywords: environmental factors and its evaluation, innovative activity of the industrial enterprise

Современное предприятие, функционируя в сложной рыночной среде, находится в состоянии постоянного ресурсного обмена с ней, изыскивая и обеспечивая тем самым возможности своего эффективного целенаправленного развития. При этом для успешного функционирования и развития предприятию необходимо не только иметь полное представление о конъюнктуре, состоянии и тенденциях

изменений различных аспектов внешней среды с целью разработки стратегии и реализации рыночного поведения, но и стремиться как можно глубже и динамичнее воздействовать на параметры и объекты окружающей среды, прежде всего, за счет повышения своей инновационной активности.

© Саликов Ю.А., Гончарова И.А., Барзенкова А.С., 2014

Опыт функционирования и развития многих отечественных и зарубежных предприятий убедительно свидетельствует, что успех рыночной деятельности фирмы непосредственно зависит от ее инновационной активности, которая, как правило, определяется обоснованным выбором и реализацией соответствующей стратегии развития, степенью обеспеченности предприятия теми или иными ресурсами в инновационной сфере и качеством инновационного менеджмента [1].

Природа инновационной активности предприятия обусловлена, с одной стороны, разнообразием, гибкостью и динамичностью его хозяйственного поведения в рыночной экономике, а, с другой стороны, - стремлением хозяйствующих субъектов рынка обеспечить себе определённые конкурентные преимущества. В то же время инновационная активность, являясь следствием динамичных изменений рыночной среды, сама оказывает существенное влияние на эту среду.

Состояние внешней среды имеет ключевое значение для инновационной активности промышленного предприятия, поскольку внешняя среда по отношению к предприятию является объективным и детерминирующим условием его существования и развития. Многочисленность структурных элементов рыночной среды предопределяет разнообразие факторов, определяющих инновационную активность предприятия.

Согласно общепринятой классификации они делятся на факторы прямого воздействия (факторы микросреды) и факторы косвенного воздействия (факторы макросреды). К факторам микросреды относятся, прежде всего, потребители, поставщики, конкуренты, контактные аудитории, а среди факторов макросреды принято выделять экономические, технологические, организационно-управленческие, социально-культурные, правовые.

Факторы прямого воздействия (микросреды) — это совокупность факторов, которые непосредственно влияют на деятельность предприятия и испытывают на себе прямое влияние деятельности предприятия. В целом данные факторы непосредственно влияют на темпы и масштабы развития предприятия, на эффективность его деятельности, поскольку весь спектр этих факторов выступает своеобразной системой ограничений [2].

Конкуренты являются наиболее значимым фактором микросреды, определяющим уровень и содержание инновационной актив-

ности предприятия. Будучи неотъемлемым атрибутом рыночной экономики, конкуренция в современных условиях рассматривается как последовательный и перманентный процесс формирования исключительных конкурентных преимуществ, прежде всего, за счёт создания и внедрения инноваций в производственно-технической, маркетингово-сбытовой и организационно-экономической сферах хозяйственной деятельности предприятия. При этом стремление к обеспечению и повышению конкурентоспособности на рынке обуславливает необходимость в значительных дополнительных расходах предприятия на научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки новых инновационных продуктов.

Таким образом, проблема инновационной активности предприятия диалектически связана как со стремлением повышения своего инновационного потенциала (что позитивно сказывается на конкурентоспособности), так и с необходимостью нести повышенные экономические затраты (что снижает конкурентоспособность за счёт роста себестоимости и более сложного ценообразования).

Наиболее целесообразным решением такого диалектического противоречия в нынешних условиях нам представляется подход, в соответствии с которым предприятие должно делать упор в решении стратегических задач своего развития именно на повышение активности и потенциала в инновационной сфере, а в рамках тактических задач стремиться к поиску экономически наиболее выгодных условий, направлений и вариантов ресурсного обмена с внешней средой.

Наряду с конкурентами потребителей также относят к ключевым факторам микросреды, так как степень удовлетворённости потребителей и их рыночное поведение во многом определяют процесс продвижения новых товаров на рынке и тем самым влияют на инновационную активность предприятия.

Инновационная активность должна способствовать разработке и реализации новых или улучшенных продуктов с более высокими потребительскими свойствами, а также созданию новых конкурентных преимуществ на рынке. Кроме того, посредством повышения инновационной активности предприятия могут стремиться к расширению границ существующих и созданию новых рынков сбыта производимой продукции, а также совершенствовать технологию улучшать качество работы с потребителями маркетинговой службы.

Для реализации инновационной деятельности предприятия необходимо выполнение нескольких условий, одним из которых является наличие соответствующих материально-технических ресурсов на предприятии. В связи с этим, необходимо уделять пристальное внимание такому фактору, как поставщики, от которых зависит качество сырьевой базы предприятия, а, следовательно, и качество конечной продукции.

При этом инновационная активность объективно обуславливает комплекс дополнительных требований в работе с поставщиками. Возникновение данных требований является следствием потребности предприятия в более качественных поставках ресурсов. Удовлетворение данной потребности призвано способствовать целенаправленному совершенствованию установившихся отношений с поставщиками и схем оплаты ресурсных поставок, улучшению отношений с постоянными и появлению новых надёжных поставщиков.

Факторы макросреды создают общие условия существования предприятия во внешней среде. Так, экономические факторы отражают экономическую ситуацию на предприятии в целом и являются наиболее существенными, поскольку текущее и прогнозируемое экономическое состояние предприятия влияет на достижение стратегических целей. Таким образом, при правильном экономическом анализе можно максимально точно определить инновационную активность и снизить отрицательное влияние на нее других показателей.

Активная деятельность предприятия (в том числе в инновационной сфере) должна не только полностью соответствовать выбранной стратегии развития, но и находиться в строгом соответствии с законодательными ограничениями и условиями, которые проявляются через комплекс правовых факторов. В практике хозяйственно-экономической деятельности предприятия непосредственное влияние на инновационную активность оказывают федеральные и местные органы власти в рамках принятой инновационной политики.

Организационно-управленческие факторы связаны с обеспечением квалифицированными и креативными кадрами, которые составляют основу персонала, заинтересованного в инновационном развитии предприятия. В свою очередь, такой коллектив выступает как необходимое условие реализации активной инновационной деятельности.

Вместе с тем, активная инновационная деятельность персонала теряет свои направленность и содержание, если на предприятии в должной мере не используются технологические факторы макросреды. Данные факторы играют важнейшую роль в осуществлении инновационной политики, разработке и реализации соответствующих инноваций. Следовательно, развитие и эффективное функционирование промышленного предприятия возможно тогда, когда оно в полной мере использует достижения научно-технического прогресса, внедряет новые технологии и оборудование. Именно степень использования технологических факторов определяет, в конечном счёте, технический и инновационный уровень развития промышленного производства.

Организационная и потребительская культура населения, нравственные нормы его поведения, уровень здравоохранения и ряд других социокультурных факторов оказывают, как правило, опосредованное влияние на инновационную активность. Однако учёт таких факторов важен и необходим, например, при определении номенклатуры и объёмов производства, а также при решении задач обеспечения покупателей качественной продукцией и осуществления послепродажного сервиса.

Взаимодействие макро- и микроэкономических факторов инновационного развития реализуется как в краткосрочном, так и в долгосрочном периодах. Так, институциональные условия и особенности в краткосрочном плане оказывают прямое влияние на функционирование макроэкономических объектов, а в долгосрочном - способствуют формированию взаимоотношений между трудом и капиталом, между собственниками менеджерами и наёмными работниками уже на уровне непосредственного предприятия.

При снижении ответственности со стороны государства за поддержание институциональной среды, адекватной требованиям развитой экономики, происходит снижение ответственности предприятий за исполнение обязательств перед потребителями и поставщиками. Несовершенство институциональной среды на макроэкономическом уровне порождает проблемы на промышленных предприятиях, а игнорирование взаимодействия макро- и микроэкономических факторов является достаточно серьёзным препятствием, сдерживающим рост их инновационной активности [3].

По характеру влияния на инновационную деятельность и, в частности, на инновационную активность предприятий факторы макросреды и микросреды в соответствии с принятым в стратегическом менеджменте подходом (SNW-анализ) можно разделить на 3 основные группы:

- 1) факторы, стимулирующие инновационную активность;
- 2) нейтральные факторы;

3) факторы, сдерживающие (тормозящие) инновационную активность.

Очевидно, что для деятельности предприятия наиболее важными являются факторы 1-й и 3-й групп, т.к. влияние нейтральных факторов (группа 2) на характер и результаты деятельности предприятия практически не сказываются. Анализ библиографических источников позволил выявить наиболее значимые факторы 1-й и 3-й групп, которые представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Факторы, тормозящие и стимулирующие инновационную активность предприятий

Группа факторов	Факторы, тормозящие инновационную активность	Факторы, стимулирующие инновационную активность
Экономические	Высокие риски, связанные с инновациями; длительный период окупаемости инновационных проектов; недостаток средств для финансирования; неприемлемые условия кредитования	Изменение потребительского спроса; обострение конкуренции; увеличение рентабельности; рост стоимости фирмы
Технологические	Затруднённость доступа к научно-техническим достижениям; отсутствие резервных мощностей; доминирование интересов текущего производства	Научно-технические открытия; высокая степень износа оборудования
Организационно-управленческие	Устоявшаяся организационная структура компании; излишняя централизация; консервативность и инертность менеджеров всех уровней; ориентация на сложившиеся рынки; сложность согласования интересов участников инновационных процессов; недостаток квалификационных кадров	Гибкость оргструктуры; использование матричной структуры и децентрализация управления; повышение квалификации; формирование целевых рабочих групп, внедрение принципов проектного управления
Правовые	Несовершенство законодательства и институционального обеспечения; ограниченность государственных программ поддержки инноваций	Законодательные меры, поощряющие инновационную деятельность; государственная поддержка развития инновационной системы
Социально-культурные	Снижение креативной составляющей в деятельности; боязнь неопределённости и изменения статуса; стремление избегать риски	Моральное поощрение участников инновационного процесса; общественное признание; обеспечение возможностей самореализации

Следует отметить, что грань между стимулирующими и тормозящими факторами является достаточно тонкой и условной. Так, факторы, изначально сдерживающие инновационную активность, в определённый момент времени могут трансформироваться в стимул для её развития. К примеру, ранее (при переходе к рыночным отношениям) руководители предприятий оценивали как позитивный фактор снижение влияния государства на их деятельность. Впоследствии оценки сместились, и в настоящее время в силу обострения рыночной конкуренции отчётливо обозначилась тенденция к государственно-частному партнёрству по различным масштабным проектам, при этом становится всё более популяр-

на точка зрения о необходимости разумного регулирования и даже организации инновационных процессов со стороны федеральных и региональных органов власти [4].

В русле рассматриваемой тематики государственное регулирование и координирование инновационных процессов целесообразно разделить на два параллельных направления, предполагающих соответственно стимулирование инновационной активности, а также устранение барьеров и препятствий на пути развития государственной инновационной политики. Очевидно, что аналогичным образом по двум параллельным направлениям следует решать и задачу инновационного развития на конкретных предприятиях. Дру-

гими словами, для предприятия тождественно значимыми должны являться как факторы, тормозящие инновационную активность, так и факторы, её стимулирующие.

Таким образом, в число стратегических и тактических задач функционирования и развития предприятия одинаково важно отнести и устранение (или, как минимум, снижение последствий) влияния негативных факторов, и использование преимуществ от существующих позитивных факторов.

Однако, учитывая ресурсные ограничения многих средних и мелких предприятий, составляющих, например, большинство в перерабатывающих отраслях промышленности, логично предположить, что реализация данного подхода может вызвать большие трудности. В этом случае может быть рассмотрен вопрос о предпочтительном использовании только одного из двух альтернативных направлений.

По нашему мнению, с учётом сложившихся рыночных условий необходимо на ближайшую перспективу ориентироваться в приоритетном порядке всё-таки на устранение факторов торможения инновационного развития. Устранение (или снижение последствий) влияния данных факторов позволит обеспечить более благоприятные условия для скачкообразного роста предпринимательской и инновационной активности, а также для формирования инновационной политики с активным использованием группы стимулирующих факторов.

Вместе с тем, многочисленность и разнообразие факторов торможения инновационной активности (частично данные факторы представлены в таблице 1) обуславливает необходимость в их ранжировании с помощью рейтинговых оценок. В этом отношении представляет большой исследовательский интерес данные, опубликованные Федеральной службы государственной статистики и Института статистических исследований и экономики знаний Национального исследовательского университета «Высшей школы экономики» [4].

Указанные данные представляют собой результаты многолетнего масштабного опроса предприятий российской промышленности (в том числе предприятий перерабатывающих отраслей) в период с 1993 г. по 2011 г. В ходе опроса организациям-респондентам (предприятиям) предоставлялся в виде анкеты перечень факторов, которые потенциально могут оказывать негативное влияние на инновационную деятельность. В отношении каждого фактора респондент выставлял баллы от 0 до 3, при этом более сильное влияние конкретного фак-

тора на инновационный процесс оценивалось соответственно и более высоким баллом.

Таким образом, была выявлена группа внешнеэкономических (факторы 1-5), внутренних (факторы 6-10) и других (факторы 11-13) факторов, представленных в таблице 2, которые оказывают, по мнению респондентов, наиболее негативное воздействие на развитие инновационной деятельности. Ежегодные рейтинговые оценки данных факторов показаны на рисунке 1.

Масштабность и глубина проведенного исследования с учётом известности и опыта его авторов позволяют сделать предположение о высокой репрезентативности представленных сведений, а также дают возможность для углубленного рассмотрения представленных данных. Так, по мнению респондентов, наиболее серьёзной сдерживающей причиной развития инновационной деятельности и активности являются чисто экономические проблемы, связанные, прежде всего, как с недостатком собственных средств, так и с недостатком финансовой поддержки со стороны государства (факторы 1 и 2), а также высокая стоимость нововведений (фактор 4).

Значения рейтинговых оценок по этим факторам за 18-летний период исследования колебались незначительно и составляли не менее 2 баллов.

Важно отметить, что незначительный диапазон изменений оценок в течение данного периода характерен практически для всех анализируемых факторов. При этом наиболее значимое снижение оценок в 0,6 балла произошло в период с 1993 по 2003 г.г. по фактору 3 (низкий спрос на новые товары), что было обусловлено, на наш взгляд, преодолением сложных кризисных процессов в промышленности, повышением благосостояния населения и организаций, а также оживлением отечественной экономики в целом.

Вместе с тем, за 18 лет по факторам 8 (недостаток информации о новых технологиях), 10 (неразвитость кооперационных связей) и 12 (неразвитость инновационной инфраструктуры) оценки вообще не претерпели никаких изменений, что может свидетельствовать как об ограниченном внимании к этим проблемам, так и об их относительной сложности. Кроме того, в течение последнего десятилетия остаются неизменными величины рейтинговых оценок по факторам 2, 4, 6, 9 и 11, что также говорит о консервативной и замедленной реакции на поиск решений по устранению соответствующих препятствий.

Факторы, тормозящие инновационное развитие предприятий [4]

Рей- тинг	Название фактора	Диапазон значения за рассматриваемый период, баллы
1	Экономические факторы: недостаток собственных средств	2,6-2,3
2	недостаток финансовой поддержки со стороны государства	2,4-2,1
3	низкий спрос на новые товары	2,2-1,6
4	высокая стоимость нововведений	2,1-2,2
5	высокий экономический риск	1,7-2,0
6	Внутренние факторы: низкий инновационный потенциал организации	1,5-1,8
7	недостаток квалифицированного персонала	1,3-1,6
8	недостаток информации о новых технологиях	1,4
9	недостаток информации о рынках сбыта	1,6-1,4
10	неразвитость кооперационных связей	1,4
11	Другие факторы: недостаточность законодательных и нормативно-правовых документов, регулирующих и стимулирующих инновационную деятельность	1,7-1,6
12	неразвитость инновационной инфраструктуры	1,5
13	неопределенность экономических выгод от использования интеллектуальной собственности	1,5-1,7

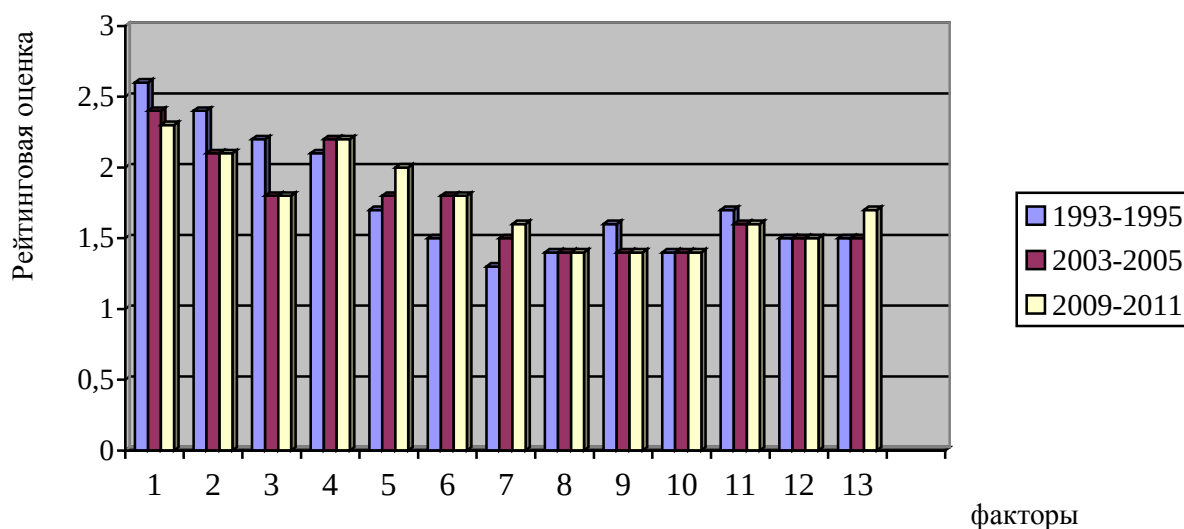


Рисунок 1. Рейтинговая оценка факторов, препятствующих развитию инновационной активности [4]

Таким образом, из 13 принятых во внимание факторов только пять претерпели незначительные изменения (3 фактора в сторону снижения и 2 фактора в сторону повышения своей значимости), а остальные 8 факторов (т.е. 61,5 % от общего числа) остаются неизменными с 2003 года. Наибольшие изменения получили оценки как раз по экономическим факторам (группа 1: факторы 1 – 5), а по факторам других групп диапазон изменения рейтинговых оценок менее значителен.

На наш взгляд заслуживает серьёзного внимания то, что на общем фоне стабилизации или снижения актуальности большинства негативных факторов у четырёх факторов за последние годы наметился заметный рост их значимости. К ним относятся факторы 4 (высокая стоимость нововведений), 5 (высокий экономический риск), 6 (низкий инновационный потенциал организации) и 13 (неопределённость экономических выгод от использования интеллектуальной собственности).

Весьма примечательно, что все эти факторы имеют самое непосредственное отношение к инновационной деятельности и активности. Сам факт того, что руководители предприятий стали обращать на это более пристальное внимание, по нашему мнению, можно оценивать как весьма положительную тенденцию. Вместе с тем данный вывод указывает на необходимость целенаправленного и скорейшего поиска путей устранения данных факторов как со стороны органов государственной и муниципальной власти, так и со стороны промышленных предприятий.

Снижение или устранение влияния негативных факторов на инновационную активность является одной из главных задач развития предприятия. Учёт данных факторов, создание необходимых условий и внедрение инноваций в различные аспекты функционирования промышленных предприятий позволит им обеспечивать конкурентные преимущества и устойчивое развитие в динамично меняющихся условиях внешнего окружения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Саликов Ю. А., Гончарова И.А. К вопросу о типологии инновационно активных промышленных предприятий // Место и роль России в мировом хозяйстве. Сборник статей VII международной научно-практической конференции. Воронеж, ВГУИТ, 2012. 108 с.

2 Карпова С.В. Современные направления маркетинга: теория, методология и практика применения: монография. М.: «Палеотип», 2011.

3 Качалина Л.Н. Конкурентно способный менеджмент. М.: ЭКСМО, 2010. 464 с.

4 Городникова Н.В. Индикаторы инновационной деятельности 2013: статистический сборник. М.: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2013. 472с.

Результаты оценки инновационной активности представляют интерес не только для предприятия, но также для частного инвестора и государства. Так, организация, осуществляет выбор стратегии развития в сфере инноваций, определяет и получает выгоды от их внедрений. Частный инвестор принимает решения по финансированию предприятий, наиболее привлекательных с точки зрения создания, освоения и реализации на рынке новых продуктов, услуг, процессов. Государство организует и регламентирует поддержку и помощь при создании инновационных направлений, кластеров и предприятий, создаёт комплекс мероприятий по стимулированию научных исследований и разработок. Таким образом, оно своевременно и целенаправленно создает условия для преодоления негативного влияния внешних факторов и более активного экономического роста на основе эффективной национальной инновационной политики.

REFERENCES

1 Salikov Iu. A., Goncharova I.A. On the typology of innovation-active industrial companies. Mesto i rol' Rossii v mirovom khoziaistve. Sbornik statei VII mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Russia's place and role in the world economy. Collection of articles VII international scientific-practical conference]. Voronezh, VGUIT, 2012. 108 p. (In Russ.).

2 Karpova S.V. Sovremennye napravleniia marketinga: teoriia, metodologiia i praktika primeneniia [Modern trends in marketing: theory, methodology and practice of application]. Moscow, Paleotip, 2011. (In Russ.).

3 Kachalina L.N. Konkurentno sposobnyi menedzhment [Competitively capable management]. Moscow, EKSMO, 2010. 464 p. (In Russ.).

4 Gorodnikova N.V. Indikatory iinovatsionnoi deiatel'nosti 2013 [Indicators of innovation activity 2013]. Moscow, Natsional'nyi issledovatel'skii institute «Vysshiaia shkola ekonomiki», 2013. 472p. (In Russ.).

УДК 658.012.12

Главный бухгалтер В.Ю. Падалкин,
начальник отдела 1032 Е.И. Воронцова
ОАО «Концерн «Созвездие»»
E-mail: voroncova1032@sozvezdie.su

Chief accountant V.Iu. Padalkin,
head of 1032 E.I. Voroncova
JSC «Kontsern «Sozvezdie»»
E-mail: voroncova1032@sozvezdie.su

Увеличение налоговой базы, как индикатор устойчивого развития предприятия

Increase tax base as indicator of sustainable development companies

Реферат. В статье производится анализ налоговой нагрузки как индикатора роста обеспеченности производственной и финансовой деятельности предприятия оборотным капиталом. Важнейшей обязанностью предприятия – налогоплательщика в соответствии с п. 1 ст. 3 Налогового кодекса Российской Федерации является обязанность уплачивать законно установленные налоги и сборы. При этом согласно п.1 ст.45 НК РФ обязанность по уплате налога должна выполняться в срок, установленный законодательством. Под налогом в соответствии с п. 1 ст.8 НК РФ понимается обязательный, индивидуально безвозмездный платеж, взимаемый с организаций и физических лиц в форме отчуждения принадлежащих им на праве собственности, хозяйственного ведения или оперативного управления денежных средств в целях финансового обеспечения деятельности государства и (или) муниципальных образований. Налоговое регулирование – меры косвенного воздействия государства на экономику, экономические и социальные процессы путем изменения вида налогов, налоговых ставок, установления налоговых льгот, понижения или повышения общего уровня налогообложения, отчислений в бюджет. Так, снижение налогов способно стимулировать производство, а повышение налогов – сдерживать или даже подавлять некоторые виды деятельности.

Summary. The article analyzed the tax burden as an indicator of growth of production and security of financial activity of working capital. The most important duty of the enterprise – the taxpayer in accordance with paragraph 1 of art. 3 of the Tax Code of the Russian Federation is the responsibility to pay the legally established taxes and fees. However, according to article 45 of the Tax Code to claim 1 tax liability must be carried out within the period prescribed by law. Under the tax in accordance with paragraph 1 of article 8 of the Tax Code is understood mandatory, individually gratuitous payment collected from organizations and individuals in the form of alienation of their right to property, economic or operational management of funds for financial support of the state and (or) municipalities. Tax regulation – measures the indirect impact on the economy of the state, economic and social processes by changing the types of taxes, tax rates, tax incentives to establish, reduce or increase the overall level of tax payments to the budget. So, tax cuts can stimulate production, and raising taxes – to restrain or even suppress some activities

Ключевые слова: налоговая нагрузка, индикатор, управление налоговыми обязательствами

Keywords: tax burden, indicator, control tax liabilities

Важнейшей обязанностью предприятия – налогоплательщика в соответствии с п. 1 ст. 3 Налогового кодекса Российской Федерации является обязанность уплачивать законно установленные налоги и сборы. При этом согласно п.1 ст.45 НК РФ обязанность по уплате налога должна выполняться в срок, установленный законодательством.

Под налогом в соответствии с п. 1 ст.8 НК РФ понимается обязательный, индивидуально безвозмездный платеж, взимаемый с организаций и физических лиц в форме отчуждения принадлежащих им на праве собственности, хозяйственного ведения или оперативного управления денежных средств в целях

финансового обеспечения деятельности государства и (или) муниципальных образований.

Налоговая оптимизация – процесс, связанный с достижением определенных пропорций всех финансовых аспектов сделки или проекта. Возможно применение данного определения и к деятельности предприятия.

Налоговая политика – система мер, проводимых государством в области налогов и налогообложения. Включает установление круга налогоплательщиков и объектов налогообложения видов применяемых налогов, величин налоговых ставок и налоговых льгот.

© Падалкин В.Ю., Воронцова Е.И., 2014

Налоговая система - совокупность взаимосвязанных налогов, сборов, пошлин, взимаемых в государстве и методов налогообложения, сбора и использования налогов, а также налоговых органов.

Налоговое бремя - уровень экономических ограничений, создаваемых посредством отчислений средств на уплату налогов, отвлечением их от других возможных направлений использования. Распределение налоговой базы между налогоплательщиками опирается на два принципа:

- увязка налога с получаемыми за счет него благами, например, дорожный налог платят владельцы транспортных средств (такой подход весьма ограничен, так как отдельные виды государственных налогов невозможно переложить на пользователей);

- принцип платёжеспособности, согласно которому чем выше доходы лица, тем более высоким должен быть налог, которым облагается лицо.

Налоговое планирование - выбор между различными вариантами осуществления деятельности юридического лица и размещение его активов, направленный на достижение возможно низкого уровня возникающих при этом налоговых обязательств. В основе налогового планирования лежит максимально полное и правильное использование всех установленных законом льгот, а также оценка позиции налоговых органов и учет основных направлений налоговой, бюджетной и инвестиционной политик государства. Право налогоплательщиков на деятельность в защиту своих интересов и права собственности обосновано как юридическими принципами (такими как неприкосновенность частной собственности), так и политикой большинства государств. В соответствии с законодательством РФ субъекты предпринимательской деятельности наделены полномочиями осуществлять защиту своих имущественных прав законными способами.

Налоговое регулирование – меры косвенного воздействия государства на экономику, экономические и социальные процессы путем изменения вида налогов, налоговых ставок, установления налоговых льгот, понижения или повышения общего уровня налогообложения, отчислений в бюджет. Так, снижение налогов способно стимулировать производство, а повышение налогов - сдерживать или даже подавлять некоторые виды деятельности.

С одной стороны налогоплательщики согласно ст. 23 НК РФ обязаны уплачивать законно установленные налоги, встать на учет в налоговых органах; вести в установленном порядке учет своих доходов, расходов и объектов нало-

гообложения; представлять в налоговые органы декларации и другую требуемую отчетность; выполнять законные требования налогового органа об устранении выявленных нарушений законодательства о налогах и сборах, а также не препятствовать законной деятельности их должностных лиц при исполнении ими своих служебных обязанностей; в течение четырех лет обеспечивать сохранность данных бухгалтерского и налогового учета и других документов, необходимых для исчисления и уплаты налогов, в т.ч. подтверждающих получение доходов, осуществление расходов (для организаций и индивидуальных предпринимателей), а также уплату (удержание) налогов; нести другие обязанности, предусмотренные российским законодательством о налогах и сборах. С другой стороны налогоплательщик согласно ст. 21 Налогового кодекса РФ имеет право использовать налоговые льготы пониженные налоговые ставки при наличии на то оснований, отсрочки, рассрочки, а также на своевременный зачет или возврат сумм излишне уплаченных либо излишне взысканных налогов, пени и штрафов.

Таким образом, налогоплательщик имеет право минимизировать свою налоговую нагрузку только на законных основаниях. При нарушении налогового законодательства налогоплательщику могут грозить штрафные санкции, пени и даже уголовная ответственность руководителя предприятия.

Политика предприятий, прежде всего, направлена на получение прибыли, а также уменьшение безвозмездного отчуждения денежных средств или иными словами на уменьшение налоговой нагрузки. В свою очередь, политика государства и (или) муниципальных образований, направлена на пополнение бюджета за счет средств, получаемых от налогоплательщиков. Таким образом, возникает противоречие в основных интересах государства и предприятия, как хозяйствующего субъекта. Возникшее противоречие в большинстве случаев трактуется не в пользу налогоплательщиков.

Предприятия все чаще ставят перед собой вопрос о степени влияния налоговой нагрузки на различные показатели хозяйственной деятельности и возможность управления налоговыми обязательствами.

Приказом ФНС России от 30.05.2007 г. N ММ-3-06/333@ определены общедоступные критерии самостоятельной оценки рисков для налогоплательщиков, используемые налоговыми органами в процессе отбора объектов для проведения выездных налоговых проверок. Некоторые из них используются в данной статье на примере ОАО «Концерн «Созвездие»» (таблица 1).

Налоговую нагрузку налогоплательщика сравним со средним уровнем по хозяйствующим субъектам в конкретной отрасли (производство машин и оборудования). В соответствии с приложением № 2 к Приказу ФНС России от 30.05.2007 N MM-3-06/333@ налоговая нагрузка рассчитывается как соотношение суммы уплаченных налогов по данным отчетности налоговых органов и оборота (выручки) орга-

низаций по данным Федеральной службы государственной статистики (Росстата).

Уровень среднемесячной заработной платы на одного работника сравним со средним уровнем по виду экономической деятельности в субъекте РФ. Уровень рентабельности по данным бухгалтерского учета сравним с уровнем рентабельности для данной сферы деятельности по данным статистики.

Т а б л и ц а 1

Показатели ОАО «Концерн «Созвездие»

Наименование показателя. тыс. руб.	2009	2010	2011
Налоговые платежи, тыс. руб. в т.ч.	748 992	1 263 981	1 469 034
уплаченные в федеральный бюджет	105 933	506 608	441 378
уплаченные в областной бюджет	165 929	206 39	269 248
уплаченные в местный бюджет	94 605	109 130	125 225
Платежи в государственные внебюджетные фонды	382 570	438 209	630 806
Выручка, тыс. руб.	7 125 826	8 696 778	9 133 742
Налоговая нагрузка ОАО "Концерн Созвездие", %	10,5	14,5	16,1
Налоговая нагрузка по видам экономической деятельности (производство машин и оборудования), %	17,6	11,1	11,1
Среднемесячная заработная плата одного работающего	24 037	28193	32473
Среднемесячная заработная плата одного работающего по отрасли в субъекте Российской Федерации. (Воронежская обл.)	15 263	17287	19700
Рентабельность по данным бухгалтерского учета, %	6,22	7,64	9,70
Рентабельность по видам экономической деятельности (производство машин и оборудования), %	8,80	7,30	7,00

Из таблицы 1 следует, что среднемесячная заработная плата одного работающего ОАО "Концерн Созвездие" значительно выше среднемесячной заработной платы одного работающего по отрасли в субъекте РФ, налоговая нагрузка ОАО «Концерн «Созвездие», рентабельность по данным бухгалтерского учета выше среднеотраслевых показателей по видам экономической деятельности, приведенным в Приложениях N 3 и 4 к Приказу ФНС России от 30.05.2007 N MM-3-06/333@.

Увеличение налоговой базы и, как следствие, увеличение размера платежей в бюджет и государственные внебюджетные фонды мы рас-

сматриваем в качестве индикатора роста обеспеченности производственной и финансовой деятельности предприятия оборотным капиталом. При этом под индикатором мы понимаем удельный и структурный показатель, представляющий характерные свойства исследуемого явления, учет которых позволяет отслеживать направленность и интенсивность исследуемого процесса.

Полученная на основе анализа налоговой нагрузки, научная информация позволит предприятию разработать более эффективные мероприятия, направленные на увеличение объемов производства.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Налоговый кодекс Российской Федерации, часть 1.
- 2 Приказ ФНС России от 30.05.2007 №ММ-3-06/333@ (ред. От 10.05.2012) «Об утверждении Концепции планирования выездных налоговых проверок»
- 3 Данные Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области.
- 4 Падалкин В. Ю. Глобальная экономика: энциклопедия. М.: Финансы и статистика, 2011. 920 с.

REFERENCES

- 1 Nalogovyi kodeks Rossiiskoi Federatsii [Tax code of the Russian Federation, part 1]. (In Russ.).
- 2 Prikaz FNS Rossii «Ob utverzhdenii Kontseptsii planirvaniia vyezdnykh nalogovykh proverok» [Order of the Federal Tax Service of Russia from 30.05.2007 № MM-3-06/333 @ (ed. from 10.05.2012) "On Approval of the Concept Planning of field tax audits"] (In Russ.).
- 3 Dannue federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Voronezhskoi oblasti [Data of the Federal State Statistics Service of the Voronezh region]. (In Russ.).
- 4 Padalkin V.Iu. Global'naia ekonomika [Global economy]. Moscow, Finansy i statistika, 2011. 920 p . (In Russ.).

УДК 378:004.12

Доцент Л.И. Назина, старший преподаватель А.А. Жашков
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления качеством и машиностроитель-
ные технологии. тел. (473) 253-26-30
E-mail: zhashkov_aa@mail.ru

Associate Professor L.I. Nazina, senior lecturer A.A. Zhashkov
(Voronezh state university of engineering technology) Department of quality management
and engineering technology. phone (473) 253-26-30
E-mail: zhashkov_aa@mail.ru

Система менеджмента качества в ВУЗе. Проблемы при внедрении

The quality management system at the university. Problems in implementing

Реферат. Начало XXI века ознаменовано активным вхождением России в мировое образовательное пространство. Международная деятельность лидирующих вузов страны определяется уровнем сотрудничества с зарубежными странами в области научной и образовательной деятельности. Сегодня актуальным становится вопрос признания качества российского образования за рубежом. Одним из способов подтверждения этого является сертификация системы менеджмента качества вуза. Как показывает многолетний, в основном, зарубежный опыт, достижение требуемого уровня качества и его дальнейшее совершенствование наиболее продуктивно осуществляется путем внедрения системы менеджмента качества в соответствии с требованиями ИСО 9000. В современной системе высшего образования большое внимание уделяется качеству, обеспечивающему конкурентоспособность учебного заведения на рынке образовательных услуг за счет подготовки квалифицированных специалистов. Внедрение системы менеджмента качества заключается в переходе вуза к процессному управлению в соответствии с подготовленными, утвержденными и введенными в действие документами СМК. На рабочих местах необходимо определить обязанности, полномочия и ответственность каждого сотрудника в рамках системы менеджмента качества, разработать и ввести в действие должностные инструкции, проверить выполнение персоналом документированных процедур. Осуществление сертификации должно сопровождаться конкретным и настойчивым администрированием со стороны руководства в сочетании с обучением и переподготовкой всех руководителей и служащих, вовлеченных в работу по внедрению СМК в организации. В данной статье рассмотрены цели, задачи при формировании и внедрения СМК в высшем учебном заведении, возникающие при этом проблемы и барьеры (информационный, методический, психологический), различные способы их устранения.

Summary. Beginning of the XXI century marked the active integration of Russia and the world community, including entry into the world educational space. The international activities of the leading universities of the country depends on the level of cooperation with foreign countries in the field of scientific and educational activities. Today topical issue recognition of the quality of Russian education abroad. One way to confirm this is the certification of the quality management system of the university. As long-term, mostly foreign experience, achieving the required level of quality and continue to improve the most productive is accomplished by implementing a quality management system in accordance with ISO 9000. In the modern system of higher education a lot of attention paid to quality, to ensure the competitiveness of the institution in the education market by training qualified specialists. Implementation of the quality management system is to move the university to process management prepared in accordance with approved and enacted by the QMS documents. Workplaces should determine the duties, powers and responsibilities of each employee within the quality management system, develop and implement the job descriptions, staff verify documented procedures. Implementation of the certification must be accompanied by specific and persistent administration by management in conjunction with the training and retraining of all managers and employees involved in the work on the implementation of the QMS in the organization. This article describes the goals, objectives in the formation and implementation of QMS in higher education arising from this problem and barriers (information, methodological, psychological), multiple ways to address them.

Ключевые слова: система менеджмента качества, образовательные услуги

Keywords: quality management system, educational services

Повышение качества образования является одной из важнейших проблем модернизации российской высшей школы и основные требования к нему включены в Болонскую декларацию. В период поиска новых подходов к процессу обучения, новаций в деятельности образовательных учреждений (организаций) требуется координация и эффективная организация управления качеством образования.

Переход высшей школы на уровневую систему, включающую уровни бакалавров и магистров, а в отдельных сферах - подготовку специалистов, разработка новых федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования в России происходит под эгидой формирования Европейского пространства высшего образования (ЕПВО).

© Назина Л.И., Жашков А.А., 2014

Во многих высших учебных заведениях уже разрабатываются модели и методы управления качеством предоставляемых образовательных услуг, соответствующие международным стандартам. Ряд ведущих вузов России взяли курс на разработку и создание системы управления качеством образовательного процесса на основе концепции всеобщего управления качеством (Total Quality Management - TQM) и международных стандартов ISO серии 9000. В основе моделей управления качеством лежит системный подход.

Модель управления, основанная на требованиях международного стандарта ISO 9001:2008, предполагает установление заинтересованных сторон, выявление их требований к качеству продукции, создание системы непрерывного совершенствования деятельности. Данная модель базируется на основополагающих принципах менеджмента качества, в том числе процессном подходе. В отличие от принципов всеобщего управления качеством в данной модели основным инструментарием менеджмента становится документированная система управления, ориентированная на качество. На сегодняшний день актуальность формирования, внедрения и практического использования СМК в вузе не вызывает сомнений.

В международные стандарты ИСО серии 9000 включены требования и рекомендации, предусматривающие применение методов мониторинга, измерения, анализа и улучшения всех процессов системы менеджмента качества (далее СМК). Если в результате такой деятельности установлено, что запланированные результаты не достигнуты, то должны предприниматься необходимые меры коррекции и адекватные корректирующие и/или предупреждающие действия с целью обеспечения соответствия продукции (результатов процессов) установленным требованиям. Внедрение и последующее постоянное улучшение СМК требует не только понимания и видения перспектив ее развития, но и применения объективных методов измерения (в том числе статистических) для оценки результативности и эффективности как СМК вуза в целом, так и его отдельных процессов.

Целью данной статьи является рассмотрение возникающих трудностей при внедрении СМК в образовательном учреждении.

Для начала внесём некоторую ясность и постараемся разъяснить в соответствии с ГОСТ ISO 9000-2011 [1] для каких целей разрабаты-

вается и внедряется СМК в образовательных учреждениях:

- обеспечения документированной базой процессов системы менеджмента качества;
- обеспечения оптимального управления процедурами и облегчения деятельности ВУЗа на основе применения и совершенствования действующей системы менеджмента качества;
- достижения и поддержания качества услуг на уровне, обеспечивающем постоянное удовлетворение установленным или предполагаемым требованиям;
- обеспечения потребителю уверенности в том, что установленное и предполагаемое качество услуг достигается или будет достигнуто;
- обеспечения своему руководству уверенности в том, что установленное и предполагаемое качество услуг достигается и поддерживается на заданном уровне.

В соответствии с ГОСТ ISO 9001-2011 [2] при внедрении СМК в образовательном учреждении будут:

- определены, классифицированы, идентифицированы процессы, требуемые для результативного осуществления менеджмента качества при оказании образовательных услуг;
- определены критерии и методы, необходимые для обеспечения результативности как при осуществлении, так и при управлении этими процессами;
- обеспечены наличие ресурсов и информации, необходимых для поддержки этих процессов и их мониторинга;
- осуществлены мониторинг, измерение и анализ этих процессов;
- приниматься меры, необходимые для достижения запланированных результатов и постоянного улучшения этих процессов.

Не стоит забывать, что в отличие от товаров – материальных предметов торговли - системы управления в своей основе находятся вне поля зрения рынка и потребителей. В их отношении нормативный подход оправдан лишь в том случае, если он является необходимым и эффективным средством для достижения ощутимых результатов, которые были запланированы. Если в этом нет необходимости, то лучше не нарушать внедрением стандартов динамику системы, действующей в образовательной организации [3].

Система качества образования призвана содействовать решению основных целей и задач, поставленных в Программе развития образовательного учреждения [4]:

– изучение и удовлетворение общественно-государственного заказа на подготовку специалистов и лидеров для систем образования;

– продолжение реформирования структуры и процесса педагогического образования путем расширения практики инновационной деятельности, освоения различных профессионально-образовательных программ, создание мобильной системы образовательных услуг;

– повышение конкурентоспособности выпускника образовательного учреждения на рынке образовательных услуг за счет эффективной системы отбора абитуриентов по мотивационно-ценностным ориентациям;

– обеспечение будущего педагога как профессионала, духовно-богатой и нравственной личности, способной к самообразованию и саморазвитию;

– создание системы стимулирования профессионального роста и эффективное использование интеллектуального потенциала профессорско-преподавательского состава.

Практика создания СМК в ВУЗе на основе стандартов ИСО серии 9000 встречает достаточно много препятствий. Эти препятствия можно сгруппировать в три основные группы и представить как три барьера: психологический, информационный и методический.

Психологический барьер связан, в первую очередь, с серьезными опасениями профессорско-преподавательского состава столкнуться с очередной реформаторской кампанией в виде СМК. К сожалению, некоторые люди относятся к нововведениям негативно, и сопротивляются переменам, так как перемены оказывают сильное влияние и даже давление на идеи, взгляды, убеждения, укоренившиеся в их сознании. Нередко этот страх является итоговым результатом разочарования и неудовлетворенности, накопленных на предыдущих этапах жизненного опыта, связанного с неудачной деятельностью по осуществлению перемен. В связи с этим, в любой организации можно выделить два типа людей [5]:

1) люди, которые думают, что они будут жертвами перемен и, поэтому, сопротивляются изменениям, выражают неудовлетворение и гнев, а иногдападают в состояние уныния или даже депрессии;

2) люди, которые полностью поддерживают перемены, разрабатывают и планируют изменения.

Сопротивление изменениям представляется очень сильным, особенно на начальных

этапах выполнения проекта, так как некоторые люди усматривают в предстоящих переменах угрозу для себя лично.

Информационный барьер определяется противоречием между обилием информации о международных стандартах ИСО 9000 и разными возможностями сотрудников вуза по ее отбору и осмыслению, нехватка дополнительной (разъясняющей) информации.

Методический барьер определяется «простым» вопросом: «как это делать?», недостаточным пониманием происходящего, глубоким недоверием и подозрительностью.

В этих негативных реакциях сопротивления переменам можно выделить следующие этапы [6]:

1. Пассивное (инертное) бездействие. После появления информации о новых планах, многие служащие чувствуют себя неуверенно, проявляют нерешительность, полны сомнений, занимают выжидательную позицию.

2. Отрицание планируемых перемен. Значительная часть служащих настроена скептически, не признает целесообразность осуществления разработанных планов по улучшению деятельности, обсуждает возможные отрицательные последствия планируемых изменений.

3. Раздражение и гнев. Если осуществление запланированных изменений продолжается, часть служащих с раздражением (гневно, сердито) протестует против этого, а некоторые могут даже уволиться с работы.

4. Обсуждение планов и ведение переговоров. Служащие пробуют прийти к компромиссу (через обсуждение и переговоры) путём минимизации и частичного принятия решения.

5. Спад противодействия переменам, депрессия. В связи с необходимостью осуществления проекта в целом, служащие вынуждены признать предложенные перемены. Результатом этого является пассивное поведение, которое, в конечном счёте, завершается снижением противодействия и даже депрессией, упадком сил.

6. Принятие, признание и одобрение перемен. Служащие искренно стараются понять предлагаемые изменения. Через некоторое время после начала работы по внедрению усовершенствований, их преимущества начинают становиться очевидными. Абсолютное большинство работников и служащих полностью принимают, признают и одобряют внедрение принципов и методов СМК в практическую деятельность организации.

Каждый из этих этапов должен немедленно опознаваться и в ответ следует предпринимать правильные, обусловленные спецификой организации, меры. Неконтролируемое сопротивление может основательно мешать процессу перемен, и если не вносить корректирующие действия, то данное нововведение обречено на провал.

Для преодоления негативного отношения со стороны сотрудников предлагается подойти к этой проблеме с разных сторон. Руководящему составу необходимо лицом к лицу общаться с сотрудниками и сообщать им информацию о том, что надо делать, почему и каким образом следует производить изменения. Ни в коем случае нельзя приукрашивать текущее состояние дел. Следует точно определить сроки проведения и разъяснить, какие последствия это будет иметь для качества работы. Отсутствие или несвоевременно переданная информация вызывает сомнения, создаёт состояние неопределённости, обычно способствует распространению домыслов, что подрывает доверие работников к высшему руководству организации. Другой ошибкой является одномоментное предоставление слишком большого объёма информации, так как работникам требуется определённое время для того, чтобы ее понять и постичь.

Очень важным фактором для сотрудников является четкое осознание преимуществ, достигаемых в результате перемен, и то, каким образом должен быть преодолен разрыв между текущей ситуацией и будущей.

Особое внимание следует уделить тем работникам, которые демонстрируют явное сопротивление, проводить с ними встречи и совещания, но необходимо быть готовым к предоставлению полных и обстоятельных ответов на все их возражения.

Стоит отметить, что в большинстве случаев руководство организации при внедрении СМК не желает нести дополнительные расходы на обучение персонала. Считается, что небольшая группа подготовленных профессионалов в состоянии выполнить работу по построению и настройке системы для постоянного повышения качества. Однако практика показывает, что система может быть реализована только обученными и мотивированными сотрудниками [7].

Имеются большие возможности мотивации перемен и стимулирования активного участия персонала в этих переменах, в частности,

можно рекомендовать провести серию собраний и встреч, на которых необходимо донести до сотрудников информацию о сформулированных:

- миссии организации;
- видении будущего организации;
- основных достижениях и ценностях организации;
- целях, задачах и стратегии организации.

Предложения по улучшению деятельности должны быть хорошо обоснованы и базироваться на прочном фундаменте.

В связи с тем, что «люди отвергают то, что не понимают» [8], необходимо ввести в практику организации обучение вовлечённого в работу персонала, проведение занятий, направленных на то, чтобы развивать его умения и навыки, связанные с СМК, развитием качеств руководителя-лидера в каждом сотруднике.

Работу по внедрению СМК следует начинать аккуратно и внимательно. Необходимо начать с пробного проекта, отрабатывая на нём различные ситуации. Следует начинать работу с выполнения простейшей части проекта, которая должна дать результат и ощущение успеха. Масштаб поставленных задач не должен превышать возможностей исполнителя, которому поручено выполнение задания.

Начинайте процесс непрерывного улучшения на высших уровнях организации и постепенно распространяйте этот процесс непрерывного улучшения на более низкие уровни организации, последовательно переходя от уже вовлечённого в работу уровня к следующему.

Осуществление сертификации должно сопровождаться конкретным и настойчивым администрированием со стороны руководства в сочетании с обучением и переподготовкой всех руководителей и служащих, вовлечённых в работу по внедрению СМК в организации.

Внедрение системы управления деятельностью вузов, ориентированных на качество образования, способствует повышению конкурентоспособности российской системы высшего образования в целом и конкретных университетов в частности. Но сегодня имеет значение не только это: качество образования, в том числе и высшего, является важной составляющей повышения качества жизни граждан России. И первые, но уверенные шаги в этом направлении наших вузов демонстрируют их готовность решать эту главную задачу.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 ГОСТ ISO 9000-2011. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. М.: Стандартиформ, 2012. 12 с.
- 2 ГОСТ ISO 9001-2011. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартиформ, 2012. 15 с.
- 3 Конти Т. Качество: упущенная возможность?. М.: РИА «Стандарты и качество», 2007.
- 4 О Федеральной целевой программе развития образования на 2011–2015 годы. Постановление Правительства РФ от 7 февраля 2011 № 61 (в редакции от 13 июля 2012 года).
- 5 Мищенко Е.С. Пономарёв С.В. Проектирование, формирование, внедрение и практическое использование системы менеджмента качества в образовательной организации. Тамбов, 2009. 160 с.
- 6 Rampersad H.K. Total quality management: an executive guide to continuous improvement. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 2001. 190 p.
- 7 Жашков А.А. Первоначальные итоги от внедрения на российских предприятиях систем управления качеством. Причины низкой результативности и эффективности // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 4. С. 12-16.
- 8 Rampersad H.K. Total performance scorecard, redefining management to achieve performance with integrity. Massachusetts Butterworth-Heinemann Business Books, Elsevier Science, 2003. 330 p.

REFERENCES

- 1 GOST ISO 9000-2011 Sistemy menedzhmenta kachestva. Osnovnye polozheniia i slovar' [System of quality management. Fundamentals and vocabulary]. Moscow, Standartinform, 2012. 12 p. (In Russ.).
- 2 GOST ISO 9001-2011 Sistemy menedzhmenta kachestva. trebovaniia [System of quality management. Requirements]. Moscow, Standartinform, 2012, 15 p. (In Russ.).
- 3 Konti T. Kachestvo: upushchennaia vozmozhnost'? [Quality: Loss of opportunity?], Moscow, RIA "Standart i kachestvo", 2007. (In Russ.).
- 4 О Federal'noi tselevoi programme razvitiia obrazovaniia na 2011-2015 gody [About the Federal target program of education development for 2011-2015. RF Government Resolution dated February 7, 2011 number 61 (as amended on July 13, 2012)]. (In Russ.).
- 5 Mishchenko E.S., Ponomarev S.V. Proektirovanie, formirovanie, vnedrenie i prakticheskoe ispol'zovanie sistemy menedzhmenta kachestva v obrazovatel'noi organizatsii [Design, creation, implementation and practical application of the quality management in educational organizations]. Tambov, 2009. 160 p. (In Russ.).
- 6 Rampersad H.K. Total quality management: an executive guide to continuous improvement. Berlin-Heidelberg, Springer-Verlag, 2001. 190 p.
- 7 Zhashkov A.A. Initial results from the introduction of the Russian enterprises of quality management systems. Causes of low efficiency and effectiveness. Ekonomika. Inovatsii. Upravlenie kachestvom. [Economy. Innovation. Quality management], 2013, no. 4, pp. 12-16. (In Russ.).
- 8 Rampersad H.K. Total performance scorecard, redefining management to achieve performance with integrity. Massachusetts Butterworth-Heinemann Business Books, Elsevier Science, 2003. 330 p.

УДК 332.1: 658.5.011(075)

Профессор Е.В. Сибирская, доцент Л.В. Овешникова
(Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова) кафедра статистики.
тел. (499) 237-93-49
E-mail: e-sibirskaya@rambler.ru, lud_proz@mail.ru

Professor E.V. Sibirskaya, associate Professor L.V. Oveshnikova
(Moscow, Russia. Plekhanov Russian University of Economics). Department of Statistics.
phone (499) 237-93-49
E-mail: e-sibirskaya@rambler.ru, lud_proz@mail.ru

Исследование процесса прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности

The study of the forecasting process infrastructural support business

Реферат. При прогнозировании инфраструктурного обеспечения предпринимательства необходимо предсказать рациональное распределение потенциальных возможностей и ожидаемых результатов с учетом развития потенциала компонент инфраструктурного обеспечения, эффективного использования ресурсов, специализации и развития экономики регионов, рационализации управленческих решений и т.д. По мнению авторов, процесс прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства включает в себя следующие стадии: анализ сложившегося инфраструктурного обеспечения предпринимательства к началу прогнозируемого периода, структуры ресурсов, выявление диспропорций, причин их возникновения, выявление положительных тенденций в динамике и анализ результатов проведенных исследований; исследование компонент инфраструктурного обеспечения предпринимательства, дается оценка комплексной системы общественных отношений, институтов, структур и объектов, делаются выводы и заключения по результатам исследования; определение направлений стратегических изменений и возможности устранения слабых сторон и диспропорций, выявление перспектив развития предпринимательства; выявление совокупности факторов и условий, влияющих на каждый компонент инфраструктурного обеспечения, рассчитывается степень влияния каждого из них и суммарное влияние всех факторов; корректировка показателей инфраструктурных прогнозов. Исследование взглядов на категорию метода стратегического планирования и прогнозирование говорит о том, что методы стратегического планирования рассматриваются отдельно от методов прогнозирования. В сочетании методы стратегического планирования и прогнозирования, применительно к инфраструктурному обеспечению предпринимательской деятельности в литературе не приводятся. Тем не менее, авторы считают, что данную категорию следует определить для характеристики сущностно-содержательной природы стратегического планирования и прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности.

Summary. When forecasting the necessary infrastructural support entrepreneurship predict rational distribution of the potential and expected results based on capacity development component of infrastructural maintenance, efficient use of resources, expertise and development of regional economies, the rationalization of administrative decisions, etc. According to the authors, the process of predicting business infrastructure software includes the following steps: analysis of the existing infrastructure support business to the top of the forecast period, the structure of resources, identifying disparities, their causes, identifying positive trends in the analysis and the results of research; research component of infrastructural support entrepreneurship, assesses complex system of social relations, institutions, structures and objects made findings and conclusions of the study; identification of areas of strategic change and the possibility of eliminating weaknesses and imbalances, identifying prospects for the development of entrepreneurship; identifying a set of factors and conditions affecting each component of infrastructure software, calculated the degree of influence of each of them and the total effect of all factors; adjustment indicators infrastructure forecasts. Research of views of category says a method of strategic planning and forecasting that methods of strategic planning are considered separately from forecasting methods. In a combination methods of strategic planning and forecasting, in relation to infrastructure ensuring business activity aren't given in literature. Nevertheless, authors consider that this category should be defined for the characteristic of the intrinsic and substantial nature of strategic planning and forecasting of infrastructure ensuring business activity.processing.

Ключевые слова: прогнозирование, инфраструктурное обеспечение, предпринимательская деятельность, стратегическое планирование

Keywords: forecasting, infrastructure providing, business activity, strategic planning

При прогнозировании инфраструктурного обеспечения предпринимательства необходимо предсказать рациональное распределение потенциальных возможностей и ожидаемых результатов с учетом развития потенциала компонент

инфраструктурного обеспечения, эффективного использования ресурсов, специализации и развития экономики регионов, рационализации управленческих решений и т.д. [2].

© Сибирская Е.В., Овешникова Л.В., 2014

По мнению авторов, процесс прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства включает в себя следующие стадии:

- анализ сложившегося инфраструктурного обеспечения предпринимательства к началу прогнозируемого периода, структуры ресурсов, выявление диспропорций, причин их возникновения, выявление положительных тенденций в динамике и анализ результатов проведенных исследований;

- исследование компонент инфраструктурного обеспечения предпринимательства, дается оценка комплексной системы общественных отношений, институтов, структур и объектов, делаются выводы и заключения по результатам исследования;

- определение направлений стратегических изменений и возможности устранения слабых сторон и диспропорций, выявление перспектив развития предпринимательства;

- выявление совокупности факторов и условий, влияющих на каждый компонент инфраструктурного обеспечения, рассчитывается степень влияния каждого из них и суммарное влияние всех факторов;

- корректировка показателей инфраструктурных прогнозов.

В процессе прогнозирования развития инфраструктурного обеспечения предпринимательства осуществляется многовариантная разработка прогнозов. Она строится на выделении и обосновании отдельных вариантов прогнозов на основе выбора целей, сроков и путей достижения прогнозной инфраструктуры предпринимательской деятельности.

Объективная основа прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства состоит в выявлении возможностей объективно существующей действительности и тенденций его дальнейшего развития. Таким образом, научный прогноз раскрывает будущее как нечто объективно обусловленное предыдущими событиями и факторами, то есть нечто детерминированное, предопределенное законами развития и функционирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности [3].

Объективной основой прогнозирования является его системное строение. Любая система – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, образующих определенную целостность, единство. Свойства системы не сводятся к сумме свойств ее компонентов. Система активно воздействует

на свои компоненты и преобразует их соответственно собственной природе. В то же время изменение каких-то элементов может привести к определенному изменению всей системы. Система иерархична по своей сущности: каждый ее элемент в свою очередь может рассматриваться как система, а сама исследуемая система представляет лишь один из компонентов более широкой системы. Все это необходимо учитывать при постановке целей и задач прогнозирования, при разработке прогнозов и их использовании при развитии инфраструктуры предпринимательства [3].

В процессе прогнозирования развития инфраструктурного обеспечения предпринимательства осуществляется многовариантная разработка прогнозов. Она строится на выделении и обосновании отдельных вариантов прогнозов на основе выбора целей, сроков и путей достижения прогнозной инфраструктуры предпринимательской деятельности [6].

Объективная основа прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства состоит в выявлении возможностей объективно существующей действительности и тенденций его дальнейшего развития. Таким образом, научный прогноз раскрывает будущее как нечто объективно обусловленное предыдущими событиями и факторами, то есть нечто детерминированное, предопределенное законами развития и функционирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности [3].

Объективной основой прогнозирования является его системное строение. Любая система – это совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих элементов, образующих определенную целостность, единство. Свойства системы не сводятся к сумме свойств ее компонентов. Система активно воздействует на свои компоненты и преобразует их соответственно собственной природе. В то же время изменение каких-то элементов может привести к определенному изменению всей системы [5]. Система иерархична по своей сущности: каждый ее элемент в свою очередь может рассматриваться как система, а сама исследуемая система представляет лишь один из компонентов более широкой системы. Все это необходимо учитывать при постановке целей и задач прогнозирования, при разработке прогнозов и их использовании при развитии инфраструктуры предпринимательства [4].

Система прогнозирования инфраструктурного обеспечения предприниматель-

ской деятельности имеет в своем составе следующие подсистемы:

1. Аналитическая подсистема прогнозирования инфраструктурного обеспечения включает исследовательский аспект прогнозирования и состоит из следующих компонентов:

- оценочный компонент - оценка перспектив развития исследуемого инфраструктурного обеспечения на основании опыта, аналогий, тенденций и закономерностей развития. Включает опрос населения, экспертов (анкетирование, интервьюирование) с целью объективизации, упорядочения индивидуальных оценок прогнозного характера. Сюда входит также экстраполирование и интерполирование, т.е. построение динамических рядов показателей прогнозируемого явления на протяжении периодов основания прогноза в прошлом и упреждения прогноза в будущем (ретроспекции и проспекции прогнозных разработок).

- моделирующий компонент - создание модели будущего состояния исследуемого процесса в соответствии с ожидаемым или желательным изменением ряда условий [7].

- динамический компонент - выявление факторов, определяющих динамику инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности. Основывается на сборе данных прогнозного фона, т.е. совокупности внешних по отношению к объекту прогнозирования условий и явлений, существенных для решения задачи прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства.

2. Организационная подсистема включает совокупность способов и приемов, обеспечивающих организацию составления прогнозов, и включает следующие компоненты:

- кадрово-методический компонент – для организации прогнозирования необходимы различные методы и подходы (структурное, сетевое, матричное, имитационное моделирование, методы прогнозной экстраполяции, индивидуальные и коллективные экспертные методы и др.). Данный компонент учитывает также то, что прогнозирование осуществляется людьми. Они должны иметь соответствующую квалификацию, компетенцию, опыт работы и другие важные характеристики, гарантирующие качество составляемых прогнозов инфраструктурного обеспечения предпринимательства.

- показательный компонент – для организации прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности используется комплексная система согла-

сованных показателей: частных, комплексных и сводных [4].

- временной компонент – прогнозирование осуществляется в соответствии с различными временными интервалами. На наш взгляд следует различать следующие периоды прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства, применяемые в соответствии с целями, условиями и тенденциями прогнозирования: оперативный прогноз (квартальный); краткосрочный прогноз (до 1 года); среднесрочный прогноз (до 5 лет); долгосрочный прогноз (до 20 лет); дальнесрочный прогноз (более 20 лет).

3. Результирующая подсистема обеспечивает возможность получения конкретных прогнозов инфраструктурного обеспечения предпринимательства в соответствии с определенными условиями и факторами и включает следующие компоненты:

- ориентационный компонент - определение объекта, предмета, проблемы, целей, задач, времени упреждения, рабочих гипотез, методов, структуры и организации исследования.

- конкретизирующий компонент - определение базового варианта развития прогнозируемого объекта методами системного анализа, а также построение серии гипотетических (предварительных) поисковых моделей методами поискового анализа и нормативного анализа.

- экспертирующий компонент - оценка достоверности, обоснованности, точности прогноза, выработка рекомендаций для принятия управленческих решений в сфере инфраструктурного обеспечения предпринимательства и экспертиза прогноза.

Применение системы прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности осуществляется в соответствии с типизацией прогнозирования. Широкий спектр проблем, возникающих при обеспечении стабильности функционирования предпринимательских структур и являющихся предметом прогнозирования, обеспечил появление большого количества разнообразных прогнозов, разрабатываемых на основе определенных методов прогнозирования. Поскольку современная экономическая наука включает большое количество разнообразных методов прогнозирования, то необходимо сделать правильный выбор метода прогнозирования в соответствии с факторами и условиями развития инфраструктурного обеспечения предпринимательства [1].

Типизация прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности, заключается в выборе для применения из всей совокупности прогнозов инфраструктурного обеспечения тех, которые в наибольшей степени обеспечивают условия применения для данной компоненты инфраструктурного обеспечения. Типизация способствует повышению качества прогнозирования, экономии финансовых и временных ресурсов, развитию технологии прогнозирования и др. [2].

В соответствии с представленной матрицей (таблица 1) и рассмотренными методами прогнозирования и стратегического планирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства автором установлена типизация прогнозирования, т.е. соответствие конкретных типов прогнозов определенным компонентам инфраструктурного обеспечения предпринимательства.

Т а б л и ц а 1

Матрица обоснования типизации прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства

Компоненты инфраструктурного обеспечения предпринимательства	Методы стратегического планирования и прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности				
	Метод экономико-математического моделирования	Метод установления соотношений и соответствий	Метод прямых инженерно-экономических расчетов	Метод тенденций и показателей	Метод поисково-исследовательский
1	2	3	4	5	6
1. Передающая компонента	2	3	2	3	1

ЛИТЕРАТУРА

1 Мазманова Б.Г. Методические вопросы прогнозирования сбыта [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.ippnou.ru/print/000508.

2 Овешникова Л.В. Методология формирования процесса стратегического планирования и прогнозирования инфраструктурного обеспечения предпринимательской деятельности // Вестник УрФУ, Серия Экономика и управление. 2013. № 5. С. 25 – 33.

3 Политическое прогнозирование [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://library.by/portalus/modules/politics/referat_readme.php?subaction=showfull&id=1100176021&archive=&start_from=&ucat=5& и <http://www.pandia.ru/text/77/120/717.php>.

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6
2. Поддерживающая компонента	2	1	1	2	1
3. Инвестиционная компонента	1	1	3	2	2
4. Инновационно-развивающая компонента	1	3	3	1	2
5. Организующая компонента	1	2	1	3	3

(1 – поисково-исследовательский тип прогнозирования; 2 – программно-целевой тип прогнозирования; 3 – научно-экспертный тип прогнозирования)

Экономика предпринимательства невозможна без предвидения будущего, без прогнозирования перспектив ее развития. В современных условиях экономические прогнозы необходимы для определения возможных целей развития общества и обеспечивающих их достижение экономических ресурсов, для выявления наиболее вероятных и экономически эффективных вариантов долгосрочных, среднесрочных и текущих планов, обоснования основных направлений экономической и технической политики, предвидения последствий принимаемых решений и осуществляемых в каждый данный момент мероприятий.

Таким образом, современные условия хозяйствования требуют максимального расширения фронта прогнозирования, дальнейшего совершенствования методологии и методики разработки прогнозов. Чем выше уровень прогнозирования процессов общественного развития, тем эффективнее планирование и управление этими процессами в обществе.

4 Прогнозирование экономического роста [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gendocs.ru>.

5 Сибирская Е.В. Система стратегического планирования на региональном уровне // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. 2012. Т. 1. С. 7-11

6 Сибирская Е.В., Овешникова Л.В. Виды стратегического планирования инфраструктурного обеспечения предпринимательства // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. 2013. Т. 27. № 15-1(158). С. 73-78.

7 Грицанов А.А., Абушенко В.Л., Евелькин Г.М., Соколова Г.Н. и др. Социология: энциклопедия, 2004.

REFERENCES

1 Mazmanova B.G. Metodicheskie voprosy prognozirovaniia sbyta [Methodical questions of forecasting of sale]. Available at: www.ipnou.ru/print/000508. (In Russ.).

2 Oveshnikova L.V. Methodology of formation of the process of strategic planning and forecasting infrastructure support entrepreneurial activity. Vestnik UrFU, Seriya ekonomika i upravlenie. [Bulletin of UrFU, Series Economics and Management], 2013, no. 5, pp. 25-33. (In Russ.).

3 Politicheskoe prognozirovanie [Political forecasting]. Available at: [library.by / portalus / modules / politics / referat_readme. php ? subaction = showfull&id = 1100176021&archive = &start_from=&ucat=5](http://library.by/portalus/modules/politics/referat_readme.php?subaction=showfull&id=1100176021&archive=&start_from=&ucat=5) и [http: // www. pandia. ru / text / 77 / 120/717.php](http://www.pandia.ru/text/77/120/717.php). (In Russ.).

4 Prognozirovanie ekonomicheskogo rosta [Forecasting of economic growth]. Available at: <http://gendocs.ru>. (In Russ.).

5 Sibirskaia E.V. System of strategic planning at regional level. *Teoreticheskie i prikladnye voprosy ekonomiki i sfery uslug*. [Theoretical and applied questions of economy and services sector], 2012, vol. 1, pp. 7-11. (In Russ.).

6 Sibirskaia E.V., Oveshnikova L.V. Types of strategic planning infrastructural software entrepreneurship. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta, Seriya: Istorii. Politologii. Ekonomika. Informatika*. [Scientific statements Belgorod University of statehood. Series: History . Politics . Economy . Computer] 2013, vol. 27, no. 15-1 (158), pp. 73-78. (In Russ.).

7 Gritsanov A.A., Abushenko V.L., Evel'kin G.M., Sokolova G.N. et al. Sotsiologiya [Sociology]. 2004. (In Russ.).

УДК 631. 158. 001. 895

Доцент В.Г. Дробышев,
доцент Саввин А.В., аспирант О.А. Старожилова
(Воронеж. гос. агр. ун-т) кафедра организации производства и предпринимательской
деятельности. тел. (473) 253-77-51
E-mail: mba@cm.vgau

Associate Professor V.G. Drobyshev,
associate Professor A.V. Savvin, graduate O.A. Starozhilova
(Voronezh, Russia. State Agrarian University named after Emperor Peter I.)
Department of organization of production and business activities.
phone (473) 253-77-51
E-mail: mba@cm.vgau

Эффективное стимулирование работников – основа экономического роста предприятия

Effective stimulation workers – basis of economic growth companies

Реферат. На современном этапе развития отечественного агропромышленного производства важнейшим стратегическим направлением является инновационное развитие отрасли. Руководством страны поставлена задача по эффективной модернизации экономики с учетом последних достижений научно-технического прогресса, инновациях, позитивном восприятии новых идей и новых прорывных технологий. В этом плане определяющую роль играют информационные сети, компьютерные системы, высокие производственные технологии, а также интеллектуальные ресурсы общества, инновационная организация различных сфер человеческой деятельности, а также новый уровень отношений к знаниям. Главной движущей силой инновационного развития агропромышленного производства в России на современном этапе является кадровый потенциал, способный осуществить перестройку аграрного сектора экономики с учетом последних достижений научно-технического прогресса. Известный лозунг – «кадры решают все» в условиях инновационной парадигмы реформирования экономики приобретает особую актуальность. Одной из существенных причин низкого уровня инновационного развития аграрного производства является слабая мотивация творческого труда сотрудников в сельскохозяйственных организациях. За освоение прогрессивных технологий производства, за повышение качества и сокращение материально-денежных затрат на единицу производимой продукции они не получают адекватного материального вознаграждения. Это в значительной степени сдерживает активность работников в освоении прогрессивных малозатратных и ресурсосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции. Нами предлагается оригинальная модель стимулирования сотрудников за инновационную активность и реальный вклад в повышение эффективности работы предприятия. Для учета личного вклада сотрудника в дополнительный экономический эффект за счет инновационной составляющей и определения размера премирования, предлагается использовать «коэффициент инновационной активности сотрудника» (КИАС). Величина данного коэффициента определяется как отношение прибыли, полученной предприятием в результате инновационных преобразований за определенный период к нормативной прибыли по бизнес-плану или к фактической прибыли за прошлый период.

Summary. At the present stage of development of domestic agricultural production is a key strategic direction of the innovative development of the industry. Tasked by the government to effectively modernize the economy reflect the latest scientific and technological progress, innovation, positive perception of new ideas and breakthrough technologies. In this regard, the decisive role played by the information network, computer systems, high production technology and intellectual resources of society, innovative organization of various spheres of human activity, as well as a new level of relations to knowledge. The main driving force of innovation development of agro-industrial production in Russia at the present stage is the human potential to carry out the restructuring of the agricultural sector with the latest achievements of scientific and technical progress. Famous slogan - "cadres decide everything" under the innovation paradigm of reforming the economy is of particular relevance. One of the important reasons for the low level of innovative development of agricultural production is the lack of motivation of creative work in the agricultural workers business organizations. For the development of advanced technologies for improving the quality and reducing the material cost per unit of cash - produce products they do not receive adequate material compensation. This is largely inhibits the activity of employees in the development of advanced low-cost and resource-saving technologies in agricultural production. We propose an original model for innovative employee incentive -ing activity and a real contribution to improving the efficiency of the enterprise. To take into account the personal contribution of the employee in additional economic benefit through innovative component and determining bonuses, proposed to use the "coefficient of innovation activity employee" (CIAE). The value of this coefficient is defined as the ratio of profits derived by an enterprise as a result of innovation in a given period to the standard profit on the business plan or the actual profit for the previous period.

Ключевые слова: инновационная активность, экономические интересы, материальное стимулирование, инновационный эффект, надтарифные условия оплаты.

Keywords: innovation activity, economic interests, financial incentives managers teley innovative effect, over-tariff payment terms.

Главной движущей силой инновационного развития агропромышленного производства в России на современном этапе является кадровый потенциал, способный осуществить перестройку аграрного сектора экономики с учетом последних достижений научно-технического прогресса.

Как известно, инновационные преобразования формализуются через человеческий фактор, то есть развитие образования, фундаментальных и прикладных научно-исследовательских организаций, создание банка данных по инновациям и информационно-консультационной системы по обслуживанию сельскохозяйственных товаропроизводителей.

В экономической теории сложилось устойчивое мнение, что развитие сельского хозяйства на современном этапе неразрывно связано с активным использованием интеллектуальных ресурсов человечества, которые должны быть направлены на создание прогрессивных технологий, на выведение новых сортов растений и пород животных, на рационализацию форм организации и управления предприятиями, отраслями и технологическими процессами.

В целях активизации инновационной деятельности в сельском хозяйстве, необходимо задействовать четыре группы факторов: экономико-технологические, организационно-правовые, управленческие и социально психологические. А чтобы справиться с поставленной задачей в экономике должен функционировать специальный экономический механизм внедрения научных достижений в сельское хозяйство. Для того чтобы задействовать каждую группу из перечисленных факторов необходимо, с одной стороны, создать эффективно работающую инфраструктуру поддержки инноваций, а с другой – усилить мотивацию непосредственных товаропроизводителей.

Формирование инновационно активного товаропроизводителя и превращение его в один из основных рычагов, обеспечивающих повышение конкурентоспособности предприятия, предполагает соответствующую организацию стимулирования, которая должна не только мотивировать работников полнее использовать свой творческий потенциал и человеческий капитал, но и что не менее важно, интегрировать интересы труда и капитала.

Для стимулирования инновационной активности, целесообразно применять гибкие системы оплаты труда, которые через изменение переменной части заработка способны стимулировать рост производительности тру-

да, повышение качества продукции, экономии материально-денежных ресурсов.

Современное состояние отечественного сельского хозяйства характеризуется резким спадом производства основных видов продовольствия и ростом цен на продукты питания. В 2010 году было произведено 71,3 % валовой продукции в сопоставимых ценах по сравнению с 1990 годом. Уровень самообеспечения потребностей в мясной, молочной и овощной продукции составил 70,6 %, 82,9 % и 87,3 % соответственно. В условиях, когда инвестиции в основной капитал на развитие сельского хозяйства составляют лишь 2 % по отношению к общему объему инвестиций в экономику России, парадигма развития аграрного сектора экономики базируется на инновационных преобразованиях.

Проведенный анализ показал, что одной из существенных причин низкого уровня инновационного развития аграрного производства является слабая мотивация творческого труда руководящих работников в сельскохозяйственных организациях. За освоение прогрессивных технологий производства, за повышение качества и сокращение материально-денежных затрат на единицу производимой продукции они не получают адекватного материального вознаграждения. Это в значительной степени сдерживает активность работников в освоении прогрессивных малозатратных и ресурсосберегающих технологий производства сельскохозяйственной продукции.

Изучение организации оплаты труда работников по отдельным сферам и отраслям производства показало, что нынешнее состояние российской экономики характеризуется необоснованными и значительными межотраслевыми диспропорциями в уровне заработной платы. Так, если в 2009 году в России среднемесячная заработная плата в целом по экономике составила 18637 руб., то в сельском хозяйстве она сложилась на уровне 9619 руб. (или 51,6 % к средне-российскому уровню), в строительстве - 18862 руб. (101,2 %), в сфере производства и распределении электроэнергии, газа и воды - 21554 руб. (115,6 %), на предприятиях транспорта и связи – 22400 руб. (120,2 %), в отраслях по добыче полезных ископаемых – 35363 руб. (189,7 %), в сфере финансовой деятельности – 42372 руб. (227,3 %).

Анализ уровня среднемесячной заработной платы в динамике показал, что относительный разрыв в долговременном периоде практически остается неизменным. Так, если за 2000-2010 гг. в среднем по экономике уровень

оплаты труда вырос в 8,4 раза, то в сельском хозяйстве всего лишь в 7,2 раза. Лидерами в повышении оплаты труда становятся работники торговли (оптовой и розничной) - в 10,2 раза, персонал страховых компаний – в 9,6 раза, работники в сфере услуг и операций с недвижимостью - в 9,2 раза.

Углубляющаяся разница в оплате труда способствует оттоку из сельского хозяйства наиболее квалифицированной и трудоспособной рабочей силы. За период 2000-2010 гг. трудовые ресурсы в аграрном секторе экономики уменьшились на 2571 тыс. человек, или на 29,6 %. Согласно социологическим опросам, проведенным в 2009-2010 гг. среди сельских жителей учеными Россельхозакадемии, более 70 % респондентов указали на неразвитую социальную инфраструктуру, 64,5% опрошенных отметили низкие доходы и бедность, а 45,8 % респондентов посетовали на тяжелый физический труд.

Особое беспокойство вызывает нежелание работать на селе выпускников колледжей и высших учебных учреждений аграрного профиля. Согласно проведенным обследованиям в декабре 2011 года в сельскохозяйственных организациях осталось работать только 27,2 % от числа выпускников аграрных ВУЗов, получивших образование за счет средств федерального бюджета, а значительная часть молодых специалистов предпочла работать в других сферах экономики.

Поскольку труд молодых руководителей и специалистов в сельскохозяйственном производстве оценивается очень низко, это демотивирует повышение образовательного и профессионального уровня, а также блокирует инновационное поведение руководящих работников и внедрение последних достижений научно технического прогресса.

Отсутствие у большинства сельскохозяйственных организаций достаточных финансовых средств для приобретения прогрессивных технологий производства, современных машин и оборудования вынуждает молодые кадры специалистов работать по традиционным технологиям, принятым ещё в середине XX века. Большой вред инновационному развитию сельскохозяйственного производства наносит стремление отдельных собственников сельскохозяйственных организаций и наемных менеджеров оптимизировать производственные расходы за счет применения старой сельскохозяйственной техники, дешевых низкокачественных семян, просроченных химических средств защиты растений

и низкопродуктивных животных. В стремлении сэкономить денежные средства они урезают фонд премирования работников за рост производительности труда, за расширение зоны обслуживания, за повышение квалификации работников и наставничество. Работа на таких предприятиях не привлекает творческих молодых специалистов, поскольку у них нет возможности применить свои знания, полученные в образовательных учреждениях.

Следует отметить и такую особенность трудовой деятельности в сельском хозяйстве, как ограниченные возможности карьерного роста для молодых руководителей и специалистов. Если при плановой экономике ставилась задача – обеспечить все сельскохозяйственные предприятия квалифицированными кадрами руководителей, главных специалистов и специалистов среднего звена по принятым тогда Министерством сельского хозяйства СССР штатным нормативам, то в настоящее время на отраслевых специалистах (агроном по защите растений, агроном-семеновод, агроном-энтомолог, зоотехник-селекционер, инженер по трудоемким процессам и т.п.) пытаются сэкономить.

Государственная система управления сельскохозяйственными предприятиями, построенная по иерархическому принципу, после реформирования собственности оказалась разрушенной, и потребность в специалистах резко сократилась. В результате отмеченных преобразований в системе управления сельским хозяйством возможности карьерного роста для молодых специалистов сильно уменьшились.

Развитие активной инновационной деятельности является объектом управления, осуществляемого творчески одаренными, перспективно мыслящими руководителями и специалистами, материально и морально заинтересованными в достижении успешных конечных результатов.

Изучение зарубежного опыта по стимулированию инновационной активности в странах с развитой рыночной экономикой показало, что в успешных промышленных компаниях, где широко используется премирование за индивидуальное техническое творчество и рационализаторство премии достигают до 100 % от годовой заработной платы). За экономический эффект от внедрения новшеств (премии в качестве надбавок к заработной плате достигают 5-10 % от дополнительной прибыли, полученной в течение первых трех лет). При вознаграждении управленческого и инженерно-технического персонала американские корпо-

рации широко применяют премии за изобретательство. На стратегически важных для фирмы направлениях они могут достигать 25 % от всей суммы экономического эффекта в первый год и 10 % - в последующие годы реализации проекта. В Германии и Швеции размер премий за инновационные преобразования достигает 15-20 % от суммы эффекта. Премируются не только руководящие работники, но и рядовые сотрудники, при этом размер поощрения зависит от результатов деятельности того подразделения, в котором они работают. Для менеджеров, участвующих в освоении фирмами нововведений, широко практикуются так называемые «отложенные премии» - с отсрочкой выплат на период когда будет реально получена дополнительная прибыль. При этом размер премии корректируется с учетом величины полученного коммерческого дохода.

Стимулирование активной инновационной деятельности в корейских и японских промышленных компаниях является объектом управления, осуществляемого творчески одаренными и перспективно мыслящими руководителями и коллективом специалистов, морально и материально заинтересованных в достижении высоких результатов. В специальной литературе достаточно широко освещается опыт работы временных целевых групп, создаваемых на японских предприятиях для решения неординарных проблем по повышению производительности труда, улучшению качества продукции и реализации инновационных проектов, а также схем образования премиального фонда и моделей по стимулированию творческой активности сотрудников.

Дополнительный экономический эффект служит основой для повышения заработной платы работникам, активно участвующим в осуществлении инновационной деятельности, а также источником роста премиального фонда.

Как показали проведенные исследования, для создания эффективной системы стимулирования инновационной активности работников все чаще используются гибкие системы оплаты труда, которые формируются в зависимости от количественных показателей, при оценке результатов труда и определяющих размер премирования. Через изменение переменной части заработка можно достаточно эффективно стимулировать рост производительности труда, повышение качества и снижение себестоимости единицы продукции.

Анализ накопленного опыта в успешных американских и западноевропейских компаниях показал, что в условиях, когда ра-

ботник замотивирован, социально и организационно свободен, то он может сделать гораздо больше, лучше и быстрее работу, чем тот, кто слепо следует сложившимся приемам и методам труда. Особенно четко это прослеживается в деятельности руководящих работников, которые определяют стратегию и тактику развития организации.

Повышение материальной заинтересованности работников в приумножении производительных сил в аграрном производстве в целях обеспечения устойчивого и эффективного развития АПК можно достичь с помощью применения специальной модели оплаты труда, которая включает в себя две части:

1. Базовую (гарантированную), установленную с использованием элементов тарифной системы.

2. Переменную, учитывающую связь заработной платы работника с результатами финансовой деятельности как всего трудового коллектива (коллективная премия), так и его личной инновационной активностью (индивидуальная премия).

Для того чтобы учесть личный вклад работника в результаты производства за счет инновационной составляющей и определить размер индивидуальной премии в составе переменной части заработной платы, можно использовать «коэффициент инновационной активности сотрудника» (КИАС), который позволит обосновать индивидуальную надбавку за инновационные преобразования к должностному окладу работника. Размер данного коэффициента можно обосновать как отношение фактической прибыли, полученной предприятием или структурным подразделением в результате инновационных преобразований за определенный период, к нормативной прибыли по бизнес-плану или к фактической прибыли за прошлый период.

В сельскохозяйственных предприятиях в качестве такого временного периода целесообразно использовать показатели за календарный год. Размер премии за получение дополнительного экономического эффекта, полученного за счет инновационной составляющей, определяется путем перемножения полученного коэффициента на годовой должностной оклад работника.

Предлагаемый вариант материального поощрения творческой активности сотрудников способен в корне изменить отношение к процессу участия в инновационных преобразованиях на предприятии и будет способствовать не только росту производительности труда и эффективно-

му развитию аграрного сектора экономики, но и социальных условий жизни на селе.

В процессе реализации Федерального закона «О развитии сельского хозяйства» к числу наиболее важных целевых индикаторов не случайно отнесены: индекс производитель-

ности труда в различных отраслях агропромышленного производства, трудоемкость производства, среднемесячная оплата труда в сельском хозяйстве, рентабельность производства и срок окупаемости инвестиций.

ЛИТЕРАТУРА

1 Дробышев В.Г., Демченко А.С. Организация материального стимулирования в системе управления АПК: учебное пособие. Воронеж, ФГОУ ВПО ВГАУ, 2009. 176 с.

2 Гейц И.В. Сложные вопросы расчетов по оплате труда. М.: Изд-во Дело и Сервис, 2011. 250 с.

3 Дробышев В.Г., Саввин А.В. Особенности материального стимулирования работников, занятых в мясном скотоводстве // Экономика и управление в аграрной сфере АПК: проблемы и решения. Сборник научных трудов. Воронеж: ВГАУ, 2013. С. 64-68

REFERENCES

1 Drobyshev V.G., Demchenko A.S. Organizatsiia material'nogo stimulirovaniia v sisteme upravleniia APK [Organization of material incentives in the system of agricultural management]. Voronezh, VGAU, 2009. 176 p. (In Russ.).

2 Geits I.V. Slozhnye voprosy raschetov po oplate truda [Complex issues calculations on payment]. Moscow, Izd-vo Delo i Servis, 2011. 250 p. (In Russ.).

3 Drobyshev V.G., Savvin A.V. Features material incentives for workers in beef cattle. Ekonomika i upravlenie v agrarnoi sfere APK: problem i resheniia. Sbornik hauchnykh trudov [Economics and Management in agrarian agribusiness: Problems and Solutions]. Voronezh, VGAU, 2013. pp. 64-68. (In Russ.).

УДК 32:316.77

Аспирант Д.Э. Сысоев

(Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т) кафедра экономики и основ предпринимательства.
тел. (473) 271-54-00
E-mail: 222501@mail.ru

Graduate D.E. Sysoev

(Voronezh state university of architecture and civil engineering) Department of economics and the basics of entrepreneurship. phone 473) 271-54-00
E-mail: 222501@mail.ru

Развитие строительной отрасли России на основе механизма дорожных карт

Development of the construction industry in Russia on the basis of the mechanism of road maps

Реферат. В настоящее время для развития строительной отрасли в России активно применяется инструментарий дорожных карт, направленных на реализацию мероприятий по улучшению условий ведения бизнеса в отрасли. Их исполнение сталкивается с рядом препятствий, причиной которых является недостаточный учет рисков. В результате эффективность планов мероприятий существенно отличается от запланированных показателей. При реализации дорожных карт в сфере строительства возникает множество рисков, главными из которых являются: риски недостаточного научно-методического обеспечения, страновые риски, региональные риски, отраслевые, социальные и другие виды рисков. Одними из главных в настоящее время являются правовые риски, так как необходимое для реализации дорожной карты законодательное обеспечение зачастую отсутствует, а его принятие или изменение существующих норм задерживается. Только обоснованное управление данными категориями рисков позволит достичь запланированных положительных изменений в строительстве. Можно сделать выводы о том, что реализуемая дорожная карта в строительстве является концептуально новым инструментом решения накопившихся в отрасли проблем. Произведенное исследование показывает довольно высокие показатели эффективности реализации дорожной карты в отношении конкретных проектов на региональном уровне. Однако высокая вероятность недостижения заложенных целей ввиду недостаточного учета рисков может значительно ухудшить запланированные результаты.

Summary. Currently, the construction industry in Russia is actively used tools road maps aimed at the implementation of measures to improve the business environment in the industry. Their implementation faces a number of obstacles arising from the inadequate accounting risks. As a result, the effectiveness of action plans is significantly different from the planned indicators. When implementing the road maps in the construction sector there are many risks, chief among which are: the risks of insufficient scientific support, the country risks, regional risks, industry, social and other types of risks. One of the main currently are legal risks, as required for the implementation of the road map legislative support is often lacking, and its adoption or amendment of existing rules is delayed. Only the sound management of these categories of risk will achieve positive changes in the planned construction. We can conclude that the road map implemented in the construction of a conceptually new tool in solving accumulated problems in the industry. Produced research shows quite high efficiency implementation of the roadmap for specific projects at the regional level. However, the high probability of failure inherent goals due to insufficient account of risks can significantly degrade the planned results.

Ключевые слова: дорожные карты, строительная отрасль, риски, улучшение предпринимательского климата.

Keywords: road maps, the construction industry, the risks, improving the business climate.

Одним из важнейших механизмов воздействия на строительную отрасль в ближайшие годы станет разработка и реализация планов мероприятий (дорожных карт). Дорожные карты в сфере строительства [1] направлены на снижение административной нагрузки на организации, которые вынуждены получать избыточное количество согласований в ходе осуществления строительства, а именно:

– сокращение количества процедур, необходимых для реализации инвестиционно-строительных проектов;

– сокращение совокупного времени прохождения всех административных процедур при реализации инвестиционно-строительных проектов;

– снижение расходов, необходимых для прохождения всех административных процедур при реализации инвестиционно-строительных проектов;

– развитие рынка аренды жилья.

© Сысоев Д.Э., 2014

В результате эффект должно ощутить и население за счет увеличения объема вводимого жилья и снижения стоимости. Национальная предпринимательская инициатива по улучшению инвестиционного климата в Российской Федерации «Улучшение предпринимательского климата в сфере строительства» [1] содержит развернутый план осуществления мероприятий. При этом уже сейчас можно утверждать, что большинство из запланированных мероприятий реализовано не было, столкнувшись с широким спектром проблем. Можно сделать вывод о том, что в ходе разработки дорожной карты были недостаточно проработаны риски и препятствия ее реализации. Запланированный на 2012 год «эффект быстрых побед» себя не оправдал, изменения происходят достаточно медленно.

Правительством Российской Федерации регулярно выпускаются распоряжения «О мониторинге и контроле реализации плана мероприятий («дорожная карта») «Улучшение предпринимательского климата в сфере строительства», которые призваны отслеживать текущие изменения, протекающие в ходе реализации [2, 3].

В настоящее время в качестве значимых недостатков применения дорожных карт в строительстве следует назвать отсутствие разработанной системы рисков, что может вызвать серьезные сложности в ходе реализации планов мероприятий. Риски, связанные с реализацией дорожных карт в строительстве, можно разделить на множество категорий.

Одним из основных является риск недопущения заложенных в дорожную карту показателей, который уже проявляется в настоящее время. Приведенные выше данные показывают, что значительная часть мероприятий не была реализована. В результате эффект от дорожной карты будет отличаться от запланированного. Также в настоящее время присутствует риск неверно выбранной базы для оценки итогов реализации дорожной карты, так как целевые показатели рейтинга «DoingBusiness» [4] не являются единственно возможными.

Риск недостаточного научно-методического обеспечения разработки и реализации дорожной карты особенно на начальной стадии использования этого механизма в России также является довольно значительным. Несмотря на то, что научные работы в данном направлении имеются, объективно, их количество и качество в настоящее время не соответствует тому огромному масштабу воздействий, на которые нацелены дорожные карты. Риски недостаточного научно-технического обеспечения характеризуют довольно неординарную ситуацию, когда в России дорожные карты стали активно применяться, несмотря на то, что научного

обеспечения такого механизма в отечественной науке явно недостаточно.

В ходе реализации дорожной карты должны быть учтены организационные риски, связанные с тем, что в их осуществлении принимает большое количество заинтересованных лиц из органов власти, бизнеса, общественности и др. В таких условиях координация и гармонизация деятельности приобретает определяющее влияние. Нельзя исключать риски возникновения бюрократии и коррупции.

Страновые риски при реализации дорожных карт в строительстве также имеют место быть, так как этот инструмент в отечественной деятельности ранее не применялся. Возможно отторжение его на уровне властей или научного сообщества, связанного с особенностями реализации программ развития в России.

Региональные риски представляют собой широкий спектр возможных негативных последствий. Здесь нужно учитывать, что дорожные карты как инструмент планирования в настоящее время не учитывают региональную специфику, поэтому в ходе их разработки может быть не учтено множество важных моментов в отношении разных регионов страны. На территории России условия ведения предпринимательской деятельности в строительстве значительно отличаются, и реализация дорожной карты может привести к различным результатам.

Реализация дорожной карты в строительстве предполагает наличие значительных отраслевых рисков. Дорожная карта, нацеленная на упрощение процедур получения разрешений для строительства, может вызвать широкий диапазон воздействий на отрасль. Нужно учитывать, что, несмотря на заложенные цели, результат может быть и отрицательным. Таким образом, возникает большое количество рисков, начиная от отторжения организациями отрасли производимых изменений, заканчивая появлением дополнительных рисков в ходе строительства. Специалистами Всемирного Банка отмечается, что в развитых зарубежных государствах существует минимальный набор разрешительных процедур (например, в Швеции, Дании, Новой Зеландии таких процедур от 6 до 8), что, однако, не приводит к низкому качеству возводимых объектов. При этом не учитываются потенциальные проблемы, которые могут появиться в отечественной практике.

Социальные риски в ходе реализации дорожной карты могут возникнуть в случае, если произойдет ухудшение качества возводимых объектов жилищного строительства. В этом случае население страны может выразить недовольство реализуемой политикой.

Правовые риски являются одними из главных препятствий в настоящее время. Реа-

лизация мероприятий, заложенных в дорожной карте, предполагает принятие новых законодательных актов и внесение изменений в существующие. Отсутствие или несвоевременное принятие этих документов может затормозить или вообще сделать невозможными осуществление некоторых мероприятий.

В ходе реализации дорожной карты в строительстве нужно учитывать политические риски. Улучшение условий ведения предпринимательской деятельности в России изначально было политическим решением под влиянием объективно сложившихся обстоятельств. Возможное изменение приоритетов или отказ от дорожных карт как механизма воздействия на условия бизнеса должно рассматриваться как потенциальный риск. В ходе реализации заложенных в дорожную карту по улучшению условий предпринимательской деятельности в строительстве имеются экологические риски, которые могут возникнуть в случае, если качество строительной продукции ухудшится и это вызовет отрицательное воздействие на окружающую среду или здоровье проживающих людей.

В ходе реализации дорожных карт в строительстве должны быть учтены риски негативной реакции рынка недвижимости. Дело в том, что дорожная карта предполагает широкий диапазон воздействий, который может вызвать

изменение цен купли-продажи или аренды, спроса или предложения. В результате, рынок недвижимости может быть подвергнут значительным воздействиям, что повлияет как на население, так и на организации.

Также до конца непонятно, какие эффекты вызовет внедрение дорожной карты. Снижение времени и затрат, необходимых для получения разрешения на строительство, должно привести к снижению общих затрат на возведение объектов, может вызвать снижение цен на рынке. Однако просчитать последствия снятия административных барьеров достаточно сложно, при этом возникает проблема экономического обоснования проводимых реформ.

Резюмируя все вышеизложенное, можно сделать выводы о том, что реализуемая дорожная карта в строительстве является концептуально новым инструментом решения накопившихся в отрасли проблем.

Произведенное исследование показывает довольно высокие показатели эффективности реализации дорожной карты в отношении конкретных проектов на региональном уровне. Однако высокая вероятность недостижения заложенных целей ввиду недостаточного учета рисков может значительно ухудшить запланированные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1 Распоряжение Правительства Российской Федерации от 16 августа 2012 г. № 1487-р. План мероприятий («дорожная карта») «Улучшение предпринимательского климата в сфере строительства».

2 Рабочая встреча №1 по формированию дорожных карт. Рабочая группа: «Упрощение процедур получения разрешений на строительство». [Электронный ресурс]. Режим доступа: / <http://www.asi.ru> // (20 января 2014 г.).

3 Рабочая встреча №2 по формированию дорожных карт. Рабочая группа: «Упрощение процедур получения разрешений на строительство». [Электронный ресурс]. Режим доступа: / <http://www.asi.ru> // (20 января 2014 г.).

4 Ведение бизнеса 2012. Сопоставительные данные об условиях регулирования предпринимательской деятельности по 183 странам. Международный банк реконструкции и развития, Всемирный банк, 2012. 36 с.

REFERENCES

1 Rasporiazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 16 avgusta 2012 g. № 1487-r. Plan meropriiati («dorozhnaia karta») «Uluchshenie predprinimatel'skogo klimata v sfere stroitel'stva». [Russian Federation Government Decree of 16 August 2012 № 1487-p. Plan («road map») «Improving the business climate in the construction industry»]. (In Russ.).

2 Rabochaia vstrecha № 1 po formirovaniu dorozhnykh kart. Rabochaia gruppа: «Uproshchenie protsedur polucheniia razreshenii na stroitel'stvo» [Working meeting number 1 on the formation of road maps. Working Group: «Simplification of the procedures for obtaining building permits»]. Available at: / <http://www.asi.ru> // (Accesse 20 January 2014). (In Russ.).

3 Rabochaia vstrecha № 2 po formirovaniu dorozhnykh kart. Rabochaia gruppа: «Uproshchenie protsedur polucheniia razreshenii na stroitel'stvo». [Working meeting number 1 on the formation of road maps. Working Group: «Simplification of the procedures for obtaining building permits»]. Available at: / <http://www.asi.ru> // (Accessed 20 January 2014). (In Russ.).

4 Vedenie biznesa 2012. Sopostavitel'nye dannye ob usloviiakh regulirovaniia predprinimatel'skoi deiatel'nosti po 183 stranam [Doing Business in 2012. Comparative data on the conditions regulating entrepreneurial activity for 183 countries]. Mezhdunarodnyi bank rekonstruktsii i razvitiia, Vsemirnyi bank. 2012. 36 p. (In Russ.).

УДК 69:001.89

Доцент М.А. Карпович

(Воронежский государственный архитектурно-строительный университет)

кафедра экономики и основ предпринимательства. тел. (473) 271-54-00

E-mail: karpovich.am@gmail.com

Associate Professor M.A. Karpovich

(Voronezh state university of architecture and civil engineering). Department of economy and the basics of entrepreneurship. phone (473) 271-54-00

E-mail: karpovich.am@gmail.com

Нейросетевые методы оценки затрат на научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы

Neural network methods for estimating the costs of research and design and survey works

Реферат. В статье рассмотрены нейросетевые методы оценки затрат на научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы при строительстве автомобильных дорог, позволяющие на основе данных по запроектированным ранее объектам произвести ранжирование ценообразующих факторов по степени их влияния на цену научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ, выполняемых для проектов государственно-частного партнерства (ГЧП). Преимущества нейросетевых методов определяется следующими обстоятельствами: нейросетевые модели автоматически учитывают взаимное влияние ценообразующих факторов; нейросетевые методы полностью свободны от субъективных факторов. Оптимизация нейросети позволила ранжировать ценообразующие параметры по степени их влияния на цену научно-исследовательских и проектно-изыскательских работ в условиях ГЧП. При этом 4 параметра: «Статус заказчика», «Вид работ», «Вид конкурса» и «Категория дороги» в совокупности более чем на 87 % определяют удельную цену проекта. Конкретные расчеты свидетельствуют о том, что нейросети позволяют весьма точно (с относительной ошибкой меньше 0.2 %) описывать большую часть объектов, и лишь небольшую часть – менее 5 % подмножеств, со значительной ошибкой - от 9 % до 17 %.

Summary. The article describes the neural network methods for estimating the costs of research and design and survey work in the construction of roads, allowing on the basis of data previously projected objects produce price-setting ranking factors according to their impact on the cost of research and development works undertaken for public-private partnership (PPP). Advantages of neural network methods is determined by the following circumstances: neural network models automatically take into account the mutual influence of the pricing factors; Neural methods are completely free of subjective factors. Optimization of neural network allowed rank price-setting parameters according to their impact on the cost of research, design and survey work under PPP. This causes the 4 "customer status", "Type of work", "Kind of competition" and "Road category" in the aggregate more than 87 % determined by the unit price of the project. Specific calculations show that the neural network allow very accurate (with a relative error less than 0.2%) to describe most of the objects, and only a small fraction - less than 5 % of subsets, with significant error - from 9 % to 17 %.

Ключевые слова: нейросетевые методы, государственно-частное партнерство, научно-исследовательские работы, проектно-изыскательские работы.

Keywords: neural network methods, public-private partnerships, research and development, design and survey works.

Существующие методы определения стоимости проектных работ на строительство (реконструкцию) автомобильных дорог и сооружений на них [1] предполагают весьма трудоемкую процедуру расчета, требующую сбора значительного объема информации. Расчеты основаны на большом числе коэффициентов, описывающих экономическое состояние района проектирования и технико-экономические характеристики проекта и нуждающихся в постоянном мониторинге и изменении. Вследствие этого традиционные способы расчета предельных цен

на научно-исследовательские и проектно-изыскательские работы в условиях ГЧП свидетельствует об их ограниченной применимости в условиях динамичного рынка, что связано со следующими обстоятельствами:

1) указанные методы не учитывают синергетическое или антагонистическое влияние ценообразующих факторов;

2) эти методы неизбежно имеют значительную субъективную составляющую (например, при определении значений повышающих или понижающих коэффициентов);

© Карпович М.А., 2014

3) указанные методы требуют для своего применения значительных, часто практически недоступных, объемов информации;

4) традиционные методы плохо отражают реалии быстро развивающихся рынков, особенно в случае, когда накопление количественных изменений к качественным переменам;

5) эти методы требуют значительных затрат сил и времени и высокой квалификации на всех этапах их применения.

Свободный от этих недостатков метод методов расчета начальной (максимальной) цены контракта на проектирование элементов транспортной инфраструктуры на принципах ГЧП может быть основан на нейросетевых технологиях. Преимущества нейросетевых методов определяется следующими обстоятельствами:

1) нейросетевые модели автоматически учитывают взаимное влияние ценообразующих факторов;

2) нейросетевые методы полностью свободны от субъективных факторов: даже если на стадии определения архитектуры нейронной сети в ее структуру будут включены параметры, неадекватные поставленной задаче, генетический алгоритм автоматически отфильтрует их;

3) информация, необходимая для тренировки сети, является легко доступной;

4) адаптация нейронной сети к быстро меняющейся ситуации происходит без изменения ее конфигурации лишь путем тренировки имеющейся сети на новых практических примерах. При этом сети Кохонена позволяют в автоматическом режиме выявлять качественно новые явления;

5) квалифицированные специалисты необходимы лишь на стадии определения первоначальной архитектуры сети и изменения ее конфигурации при возникновении качественных изменений рыночной ситуации. На остальных этапах эксплуатация нейросети осуществляется техническими работниками.

Эти свойства нейросетевых технологий позволяют использовать их в условиях реального быстро меняющегося рынка и взрыв интереса к нейронным сетям. Они находят успешное применение в самых различных областях – бизнесе, медицине, технике, геологии, физике, экономике и др. В частности, нейросетевые методы позволяют успешно решать задачи разработки алгоритмов нахождения аналитического описания закономерностей функционирования экономических объектов (предприятие, отрасль, регион) [2].

Эти алгоритмы применяются также и к прогнозированию показателей объектов. Нейронные сети нелинейные по своей природе и представляют собой исключительно мощный

метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. Наиболее эффективно нейронная сеть используется тогда, когда неизвестен точный вид связей между входами и выходами, – если бы он был известен, то связь можно было бы моделировать непосредственно.

Структура нейросетевой модели позволяет разделить этап конфигурирования сети и этап ее эксплуатации. При этом первый этап требует значительных и разнообразных знаний, как в предметной области, так и математических методов. В противоположность этапу конфигурирования, на этапе эксплуатации уровень знаний, необходимый для успешного применения нейронных сетей, гораздо скромнее, чем, например, при использовании традиционных методов статистики. Эта особенность нейронных сетей позволяет осуществить их практическое использование.

Для решения задачи нейросетевыми методами необходимо собрать обучающий набор данных, представляющих собой ряд наблюдений, для которых указаны значения входных и выходных переменных. На первом этапе нужно решить, какие переменные использовать, сколько и каких наблюдений собрать. Ответ на этот вопрос основывается на знании предметной области. На первом этапе используются все переменные, которые могут влиять на результат, а на последующих этапах необходимо сократить это множество. При этом для эффективной работы нейронной сети важно не только количество примеров, но сбалансированность их набора. Множество примеров должно равномерно покрывать пространство событий. В противном случае правильные выводы сеть будет делать только в окрестностях точек сгущения набора примеров.

Нейронная сеть принимает на входе числовые значения и выдает на выходе также числовые значения. При этом алгоритмы ее работы построены так, что входные и выходные значения всегда принадлежат некоторой ограниченной области. Поэтому при решении реальных задач методами нейронных сетей вся информация должна быть представлена в числовом виде и необходимы этапы предварительной обработки – препроцессирования – и заключительной обработки – пост-процессирования данных. Числовые значения должны быть приведены в масштаб, подходящий для сети. Номинальные переменные, принимающие значения из фиксированного списка, преобразуются в числовую форму. Тип выходной переменной определяется задачей, решаемой нейронной сетью. В задачах классификации выходная переменная

является номинальной, а в задачах регрессии – числовой (например, действительное значение цены). Соответствующими способами и решаются задачи пост-процессирования данных.

Специфичность экономических задач проявляется не только в способах их синтеза, но и характере делаемых приближений (и связанных с ними ошибок). Отличия в поведении системы и ее информационной модели возникают вследствие свойств эмпирических данных. Такие особенности в данных и в постановке задач требуют особого отношения к ошибкам экономических моделей, проявляющиеся, в частности, в разделении ошибка обучения и ошибка обобщения.

Прямое измерение указанной ошибки модели на практике не достижимо, поскольку системная функция при произвольных значениях аргумента не известна. Однако возможно получение ее оценки. При использовании базы данных наблюдений за системой, для обучения может отводиться некоторая ее часть, называемая в этом случае обучающей выборкой. Для обучающих примеров отклики системы известны. Норма невязки модельной функции и системной функции на множестве играет важную роль в информационном моделировании и называется ошибкой обучения модели.

Оценка ошибки обобщения является принципиальным моментом при построении информационной модели. На первый взгляд может показаться, что сознательное не использование части примеров при обучении может только ухудшить итоговую модель. Однако без этапа тестирования единственной оценкой качества модели будет лишь ошибка обучения, которая, как уже отмечалось, мало связана с предсказательными способностями модели. В профессиональных исследованиях могут использоваться несколько независимых тестовых выборок, этапы обучения и тестирования повторяются многократно с вариацией начального распределения весов нейросети, ее топологии и параметров обучения. Окончательный выбор "наилучшей" нейросети выполняется с учетом имеющегося объема и качества данных, специфики задачи, с целью минимизации риска большой ошибки обобщения при эксплуатации модели.

Эта цель достигается на следующем этапе конструирования сети. На этом этапе необходимо определить число нейронных слоев и число элементов в каждом из них. Для сети Кохонена ответ на эти вопросы определяется ее строением: она всегда содержит два слоя – входной и выходной, называемый также слоем топологической карты. Для многослойного персептрона

формально ответ на первый вопрос дается теоремой Колмогорова [3], согласно которой сколь угодно сложная зависимость моделируется многослойным персептроном с двумя промежуточными слоями. Однако практически оптимальная сложность сети определяется сложностью связей, которые она отображает.

Анализ особенностей функционирования и требований, предъявляемых к нейросетевой модели (НСМ), описывающей сложные социально-экономические системы, позволил определить следующий алгоритм ее формирования, тестирования и эксплуатации:

1. Первым этапом построения НСМ является формулирование содержательной модели экономической системы на базе анализа ее реального функционирования, что позволяет определить количественные и качественные характеристики входного и выходного слоев нейронной сети.

2. Далее определяется объем, энтропия и степень достоверности реально достижимой рыночной информации. Анализируется и прогнозируется вклад различных областей конфигурационного пространства событий в реальные экономические процессы.

3. На основе этого анализа из полного массива статистической информации отбирается набор примеров, наиболее полно и всесторонне отражающий экономические реалии.

4. Анализируется возможность обучения нейронной сети с определенными на первом этапе характеристиками входного и выходного слоев на доступном наборе примеров. Анализ должен, в первую очередь, основываться на необходимости учета проклятия размерности и переобучения сети.

5. Параметры задачи анализируются сетями Кохонена. В результате такого анализа строится топологическая карта задачи, данные кластеризуются, полученные кластеры ранжируются по степени влияния на окончательное решение. Кроме того, возможно выявление социально-экономической сути кластеров.

6. В случае отсутствия достаточной информации или при наличии ее избытка необходимо возвратиться к п. 1 и переконфигурировать входной и выходной слои нейронной сети для приведения ее сложности в соответствие с содержательной моделью экономической системы и качеством и количеством доступной информации.

7. Пп. 1-5 итерационно повторяются до достижения самосогласованности модели, после чего возможен переход к последующим шагам алгоритма.

8. Из набора входных переменных выделяются номинальные – то есть принимающие конечное число значения из фиксированного набора (например – статус заказчика может принимать значения из набора ({«федеральный», «областной», «муниципальный»}) и числовые.

9. Номинальные переменные разделяются на ранжируемые (кодируются во входном наборе монотонной последовательностью натуральных чисел) и неранжируемые (кодируются набором векторов).

10. Выбирается метод пре-процессирования, позволяющий отобразить числовые переменные в фиксированную ограниченную область изменения и выполняется это отображение.

11. Выбирается метод кодировки выходного слоя для задач классификации в виде номинальных переменных, а для задач оценки – в виде числовых переменных. При этом в последнем случае выполняется пост-процессирование, отображающее вектор выходных свойств из фиксированного диапазона в реально наблюдаемый, соответствующий содержательной концепции экономического и производственного процесса.

12. Определяется связность и архитектура сети.

13. Определяется количество промежуточных нейронных слоев и их параметры. При этом, хотя в соответствии с теоремой Колмогорова сколь угодно сложная зависимость может быть отображена двухслойной сетью, в некоторых практических случаях рациональными оказываются и более сложные сети с соответствующим уменьшением числа нейронов в каждом слое.

14. В соответствии с содержательной экономической концепцией определяются методы контроля и диагностики сети.

15. Определяются методы тренировки сети и выполняется реализация выбранного алгоритма.

16. На сформулированном в пп. 2-1 эмпирическом массиве осуществляется обучение сети и в соответствии с п. 13 осуществляется контроль качества ее работы.

17. С помощью генетического алгоритма оптимизируется входной слой сети.

18. Модифицируются число и состав промежуточных слоев и пп. 16-18 итерационно повторяются до достижения минимальной сложности нейросети, удовлетворяющей требованиям практики.

19. При достижении достаточной для практических применений точности описания экономической системы возможен переход к этапу эксплуатации сети, сводящемуся к

пополнению набора примеров, анализу полученного эмпирического массива в соответствии с требованиями п. 3 и обучению сети на расширенном массиве.

20. Расширенный массив в соответствии с п. 5 анализируется сетью Кохонена и при отсутствии новых классов данных результаты нейросетевой оценки используется в практике. При возникновении новых классов эмпирических данных необходимо вернуться к п. 4.

В качестве входных переменных используется следующий набор ценообразующих параметров:

1. Статус заказчика {федеральный, областной, муниципальный}.
2. Вид работ {строительство, реконструкция, капитальный ремонт, ремонт}.
3. Вид конкурса {открытый, субподряд}.
4. Уровень экспертизы проекта {государственная, областная, нет}.
5. Категория дороги.
6. Число полос движения.
7. Дата начала проекта.
8. Длительность выполнения проекта.
9. Стоимость проекта в текущих ценах.
10. Протяженность моста.
11. Площадь моста.
12. Авторский надзор {да, нет}.
13. Удельная цена на единицу площади.
14. Погонная цена на единицу длины.
15. Наименование проекта.

Здесь курсивом отмечены номинальные ранжируемые переменные; полужирным шрифтом – переменные выходного слоя; полужирным курсивом – неучитываемая информационная переменная.

Последняя неучитываемая переменная при тренировке может служить только для взаимодействия модели с ее пользователями и интерпретации результатов работы нейросети. Переменные 7-12 не являются независимыми. Так, в частности, удельная и погонная цены должны быть приведены к унифицированному временному промежутку (в работе – на 01.01.2013), для чего необходимо учесть дисконтирование, являющееся универсальной методикой приведения денежных потоков к фиксированному моменту времени, основанной на понятиях сложных процентов. Формула дисконтированной стоимости денежных потоков в моменты времени, отстоящие на N промежутков, выглядит следующим образом:

$$P_N = P_0(1 + r)^N, \quad (1)$$

где r – ставка дисконтирования за промежуток дискретизации, в данной работе принятый равным 1 месяцу. Поскольку в экономике ча-

ще задаются годовые ставки, необходимо определить связь между ставками дисконтирования за кратные периоды (r_Y и r_M - годовая и месячная соответственно), задаваемую соотношением:

$$1 + r_Y = (1 + r_M)^{12}, \quad (2)$$

решение которого имеет вид:

$$r_M = \exp\left[\frac{1}{12} \ln(1 + r_Y)\right] - 1. \quad (3)$$

Так, например, при годовой инфляции в 15 %, месячная ставка дисконтирования принимает значение

$$r_M = \exp\left(\frac{\ln 1.15}{12}\right) - 1 = 0.0117. \text{ Для опреде-}$$

ленности при дисконтировании приняты следующие схемы расчетов:

1. Для проектов, длительность выполнения которых не превышает двух кварталов, считается, что 25 % платежей приходится на начало срока проектирования, а 75 % - на его конец. Применение этой схемы приводит к следующему соотношению:

$$P_N = P_0 \left[\frac{(1+r)^{N+\Delta N}}{4} + \frac{3(1+r)^N}{4} \right] = \frac{P_0(1+r)^N}{4} [(1+r)^{\Delta N} + 3] \quad (4)$$

2. Для проектов, длительность выполнения которых превышает два квартала, оплата выполненных работ выполняется равномерно поквартально. В этой схеме

$$P_N = \frac{P_0(1+r)^N}{3N} [1 + 1 + r + (1+r)^2] = \frac{P_0(3 + 3r + r^2)(1+r)^N}{3N} = \frac{P_0(1+r)^N}{N} \left(1 + r + \frac{r^2}{3}\right) \quad (5)$$

Здесь N – промежуток (в месяцах) от окончания проектирования до фиксированной даты, ΔN – длительность проектирования в месяцах. Поскольку длительность периода дискретизации времени зафиксирована, индекс «М» у ставки дисконтирования здесь и далее опущен.

Реализация нейросети в данной работе выполнена в лицензионном пакете STATISTICA Neural Networks (версия реализации 2.3). Результат анализа топологической карты сети Кохонена свидетельствует о наличии четко выделенных кластеров, определяемых переменными «2. Вид работ» и «3. Вид конкурса». В эти кластеры входит более 81 % исходных примеров, что свидетельствует о детерминированности процессов формирования статистического массива. Таким образом, анализ имеющейся информации, степени ее

кластеризации, полноты и связности позволяет перейти к следующему этапу построения нейросети – формированию входного слоя.

В имеющемся наборе ценообразующих параметров выделяются номинальные переменные – «Статус заказчика», «Вид работ», «Вид конкурса», «Авторский надзор». Все они являются ранжируемыми и, следовательно, должны описываться в скалярной форме.

Переменные «5. Категория дороги», «6. Число полос движения», «7. Дата начала проекта», «8. Длительность проекта», «9. Стоимость проекта в текущих ценах», «10. Протяженность моста», «11. Площадь моста», «13. Удельная цена на единицу площади», «14. Погонная цена на единицу длины» принимают действительные значения. При этом переменные №№ 5 и 6 принимают значения из фиксированного набора и формально могут быть описаны так же и как номинальные. Переменные №№ 13 и 14, в зависимости от экономического содержания задачи, могут быть отнесены как к входному, так и к выходному слою нейросети.

Анализ дисперсии тренировочного множества свидетельствует об отсутствии резкой неоднородности распределения примеров в пространстве событий по всем входным параметрам, кроме номинальных переменных «Статус заказчика» и «Вид работ», что позволяет выполнить линейное преобразование большинства переменных. Для указанных входных переменных избежать насыщения сигмоидной функции можно, используя логарифмическое преобразование вида

$$\ln X = \ln X_{\min} + c \cdot (\ln X_{\max} - \ln X_{\min}), \quad (6)$$

позволяющее растянуть область малых значений номинального ценообразующего параметра.

Свойства функции активации нейрона и экономического анализа predeterminedil использованный в данной работе метод пре-процессирования исходных данных:

1. Во-первых, для номинальных переменных интервал для любого множества одинаков, вследствие чего $[X_{\min}, X_{\max}] = [-1, 1]$.

2. Во-вторых, для двух числовых переменных («Категория дороги» и «Число полос движения») существуют принципиальные как нижняя, так и верхняя границы, вследствие чего для них интервал пре-процессирования совпадает с интервалом номинальных переменных.

3. И, в-третьих, в условиях недостаточной информации и нестационарного рынка далекая экстраполяция является необоснованной, вследствие чего для остальных числовых переменных приняты осторожные значения

границ $[x_{\min}, x_{\max}] = [-0.9, 0.9]$ близкие к границам интервала $[-1, 1]$.

4. Исключение сделано для параметра «Длительность выполнения проекта», для которого существует принципиальная нижняя граница, и вклад которого в регрессионные зависимости незначителен. В этом случае принят интервал $[x_{\min}, x_{\max}] = [-1, 0.5]$, обеспечивающий возможность экстраполяции результатов на область значительного увеличения длительности проектирования для сложных и уникальных объектов.

В результате обучения нейронная сеть формулирует правила определения значения цены по значениям ценообразующих параметров. Ограниченный объем доступной входной информации делает недостаточными стандартные методы диагностики обучаемости и степени обобщения нейросети. Поэтому в данной работе сформулированы дополнительные критерии качества принятых системой решений. Выбор оптимальной архитектуры сети проводился по следующим четырем критериям:

- 1) минимальное значение δ ;
- 2) минимальное количество наблюдений, при описании которых относительная ошибка регрессии превышает фиксированное значение;
- 3) максимальная ошибка отдельного наблюдения обучающего множества;
- 4) максимальное число наблюдений, описываемых с относительной ошибкой, меньшей фиксированного значения.

Первоначальная оптимизация структуры сети состоит в использовании сетей Кохонена, которая была выполнена на первоначальном этапе ее конфигурирования. Известны

альтернативные сетям Кохонена методы понижения для размерности решаемой задачи.

Следующий шаг алгоритма состоит в оптимизации структуры сети, то есть выборе числа слоёв, числа нейронов и числа связей для каждого нейрона. Эта часть процедуры реализации нейросетевой технологии является, пожалуй, наиболее сложной проблемой. Общий замкнутый алгоритм этой процедуры в настоящее время не построен. Поэтому на практике применяются различные эмпирические стратегии поиска оптимальной структуры сети:

- 1) постепенное наращивание;
- 2) построение заведомо слишком сложной сети с последующим упрощением;
- 3) поочерёдное наращивание и упрощение.

После выполнения всех шагов алгоритма, соответствующих структурированию нейросети, был выполнен переход к этапу эксплуатации, тестирования и модернизации.

Оптимизация входного слоя нейросети позволила ранжировать ценообразующие параметры по степени их влияния на цену научно-исследовательских и проектно-изыскательских работы в условиях ГЧП. При этом 4 параметра: «Статус заказчика», «Вид работ», «Вид конкурса», «Категория дороги» в совокупности более чем на 87 % определяют удельную цену. Ввиду синергетического вклада этих параметров, доля каждого из них не может быть выделена. Конкретные расчеты свидетельствуют о том, что нейросети позволяют весьма точно (с относительной ошибкой меньше 0.2 %) описывать большую часть объектов, и лишь небольшую часть – менее 5 % подмножеств, со значительной ошибкой – от 9 % до 17 %.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гасилов В.В., Карпович М.А., Замчалова С.С. и др. Методические рекомендации по определению стоимости проектных работ на строительство (реконструкцию) автомобильных дорог и сооружений на них. М.: Росавтотдор, 2003.

2 Матвеев М.Г. Модели и методы искусственного интеллекта. Применение в экономике. М.: Финансы и статистика; ИНФРА – М, 2008. 448 с.

3 Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М.: Наука, 2009. 487 с.

1 Gasilov V.V., Karpovich M.A., Zamchalova S.S. et al. Metodicheskie rekomendatsii po opredeleniiu stoimosti proektnykh rabot na stroital'stvo (rekonstruktsiiu) avtomobil'nykh dorog i sooruzhenii na nikh [Methodical recommendations on how to determine the cost of design work for construction (reconstruction) of roads and structures on them]. Moscow, Rosavtodor, 2003.

2. Matveev M.G. Model ii metody iskusstvennogo intellekta. Primenenie v ekonomike [Models and methods of artificial intelligence. Applications in economics]. Moscow, Finansy i statistika, INFRA - M, 2008. 448 p.

3 Kolmogorov A.N., Fomin S.V. Elements of theory of functions and functional analysis. Moscow, Nauka, 2009. 487 p.

REFERENCES

УДК 658.6

Профессор С.В. Семененко

(Воронежский институт кооперации (филиал) БУКЭП) кафедра товароведно-технологических дисциплин, маркетинга и менеджмента. тел. (473) 263-19-21
E-mail: director@vipk.ru

Professor S.V. Semenenko

(Voronezh Institute of Cooperation (branch) BUKEl) Department of merchandizing and technology disciplines, marketing and management. phone (473) 263-19-21
E-mail: director@vipk.ru

Концепция развития конкурентного потенциала торговой организации

The concept of competitive opportunities development of trade organization

Реферат. В статье изложено авторское видение концепции развития конкурентного потенциала торговой организации. К настоящему времени в теории прикладной экономики разработано широкое множество концепций, предметом которых выступают самые различные экономические явления и процессы, сопровождающие функционирование организации, в соответствии с задачей их совершенствования для разработки стратегических перспектив развития. При том что разработка концепций сопровождается достаточно убедительным теоретическим обоснованием, далеко не каждая из них приемлема для использования в экономической практике. Многие из разработчиков концепций ограничиваются постановкой исследуемой проблемы и аргументацией ее сущностных положений, не доводя концепцию до прикладных инструментов ее реализации. Кроме того, как показали результаты ознакомления с концепциями, содержательно близкими к предмету нашего исследования, они в своем подавляющем большинстве не структурированы, представлены логически взаимосвязанными положениями, но зачастую логика их разработки не предстает очевидной. Это, на наш взгляд, создает дополнительные сложности как для теоретического познания сущности новых концепций и установления отличий их содержания от уже существующих, разработанных ранее, так и для реализации положений концепций в хозяйственной практике. Поэтому решение задачи разработки концепции развития конкурентного потенциала торговой организации мы считаем целесообразным предварить определением структуры концепции, т.е. выделением ее структурных блоков и установлением взаимосвязи между ними. Обоснована необходимость ее разработки и структуризации составляющих блоков (целевого, методологического, критериально-оценочного, информационно-аналитического, факторно-обеспечивающего, инструментально-реализационного), раскрыто их содержание.

Summary. The article gives the author's vision of the concept of competitive opportunities development of the trade organization. To date, the theory of Applied Economics developed a wide array of concepts, which are the subject of a variety of economic phenomena and processes that accompany the operation of the organization, in accordance with the purpose of improving their prospects for the development of strategic development. Given that development of concepts accompanied by sufficiently convincing theoretical justification, not each of them is acceptable for use in economic practice. Many of the developers are limited staging concepts studied problems and arguments of its essential provisions, without bringing up the concept of applied instruments for its implementation. Furthermore, as shown by the results of acquaintance with the concepts of content close to the subject of our study, they overwhelmingly are not structured, presented logically interrelated provisions, but often not the logic of their development appears obvious. This, in our view, creates additional difficulties for the theoretical knowledge of the essence of new concepts and establishing differences of their content from existing, previously developed, and for the implementation of the concepts in economic practice. Therefore, the solution development concept of competitive potential trade organization, we consider it appropriate to precede the definition of the concept of structure, i.e. release of its structural units and the establishment of linkages between. The author determines the necessity of its developing and structurizations of constituent blocks (target, methodological, criteria estimating, informative-analytical, tool-realizable) and gives their content

Ключевые слова: конкурентный потенциал торговой организации, устойчивость развития конкурентного потенциала, конкурентные преимущества.

Keywords: competitive opportunities of trade organization, stable development of competitive opportunities, competitive advantages.

К настоящему времени в теории прикладной экономики разработано широкое множество концепций, предметом которых выступают самые различные экономические явления и процессы, сопровождающие функционирование

организации, в соответствии с задачей их совершенствования для разработки стратегических перспектив развития.

© Семененко С.В., 2014

При том что разработка концепций сопровождается достаточно убедительным теоретическим обоснованием, далеко не каждая из них приемлема для использования в экономической практике.

Многие из разработчиков концепций ограничиваются постановкой исследуемой проблемы и аргументацией ее сущностных положений, не доводя концепцию до прикладных инструментов ее реализации.

Кроме того, как показали результаты ознакомления с концепциями, содержательно близкими к предмету нашего исследования, они в своем подавляющем большинстве не структурированы, представлены логически взаимосвязанными положениями, но зачастую логика их разработки не предстает очевидной. Это, на наш взгляд, создает дополнительные сложности как для теоретического познания сущности новых концепций и установления отличий их содержания от уже существующих, разработанных ранее, так и для реализации положений концепций в хозяйственной практике.

Поэтому решение задачи разработки концепции развития конкурентного потенциала торговой организации мы считаем целесообразным предварить определением структуры концепции, т.е. выделением ее структурных блоков и установлением взаимосвязи между ними (рисунок 1).

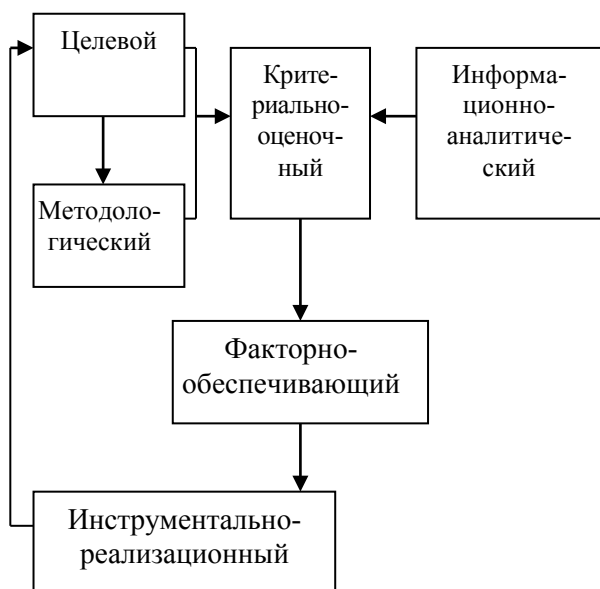


Рисунок 1. Логическая взаимосвязь структурных блоков концепции развития конкурентного потенциала торговой организации

В порядке обоснования логической взаимосвязи структурных блоков концепции поясним, что ее цель и задачи (целевой блок) мо-

гут быть реализованными только при должном методологическом обосновании (методологический блок), соответствии целевого назначения концепции признанным методологическим постулатам экономической науки и их адаптации под решение исследовательской задачи разработки концепции.

В совокупности целевой и методологический блоки должны определять содержание критериально-оценочного блока концепции, отражающего целевой критерий исследуемого процесса (в нашем случае – развития конкурентного потенциала торговой организации) и критерии его оценки.

Содержание критериев должно базироваться на результатах исследования фактического состояния исследуемого процесса (информационно-аналитический блок концепции) для обоснованного определения перспектив его развития.

Критериально-оценочный блок концепции должен определять содержание изучаемых детерминант (факторов) и условий, обеспечивающих достижение цели концепции (факторно-обеспечивающий блок), а в конечном итоге – «выходить» на конкретные инструменты, позволяющие реализовать положения концепции в хозяйственной практике (инструментально-реализационный блок).

Результаты использования инструментальной должны свидетельствовать о реальности концепции для практики и показывать необходимость корректировки ее содержания в соответствии с возможными изменениями условий реализации цели исследуемого процесса (в данном случае – развития конкурентного потенциала торговой организации).

Таким образом, взаимосвязь структурных блоков концепции развития процесса приобретает циклический, замкнутый характер.

Исходя из изложенных положений, содержание концепции развития конкурентного потенциала торговой организации раскрывается следующей схемой (рисунок 2).

В соответствии с приведенными на рисунке элементами раскроем их содержание, соблюдая последовательность взаимосвязи структурных блоков концепции.

Целевой блок представлен целью концепции развития конкурентного потенциала торговой организации и детализирующими ее задачами.

Мы полагаем, что в общей постановке цель концепции можно определить как формирование системного концептуального решения проблемы устойчивого развития конкурентного потенциала торговой организации, обеспечивающего повы-

шение ее конкурентоспособности в конкурентной среде целевого потребительского рынка.

Реализовать данную цель можно посредством решения комплекса задач, которые должны в полной мере соответствовать структурным блокам концепции для соблюдения принципа системности ее изложения. Таковыми задачами мы определяем:

- обоснование альтернативности подходов к определению устойчивости организации в конкурентной среде и выделение их ключевых положений для конкретизации предметных областей развития конкурентного потенциала;

- выделение типов устойчивости развития конкурентного потенциала торговой организации;

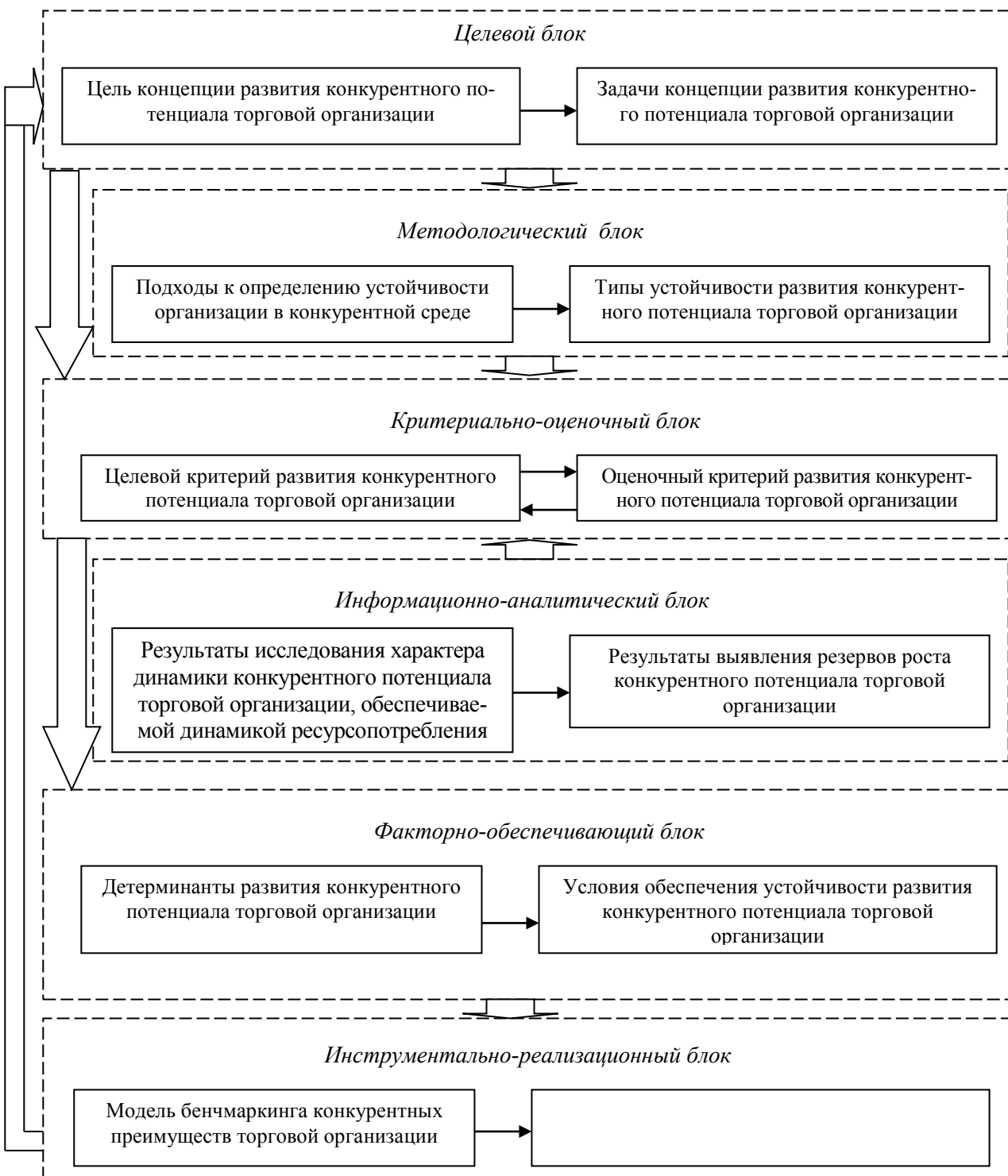


Рисунок 2. Схема концепции развития конкурентного потенциала торговой организации

- формулировка целевого и оценочного критериев развития конкурентного потенциала торговой организации для установления стратегических ориентиров и измерителей данного процесса;

- использование результатов исследования характера динамики конкурентного потенциала торговой организации, обеспечиваемой динамикой ресурсопотребления, и результатов выявления резервов его роста;

- установление факторов развития и условий обеспечения устойчивого развития конкурентного потенциала торговой организации;

- разработка прикладных инструментов развития конкурентного потенциала торговой организации, обеспечивающих реализацию положений концепции в хозяйственной практике.

Как уже обосновывалось выше, концепция развития конкурентного потенциала торговой организации должна иметь соответствующее методологическое обоснование ее разработки. Поэтому в методологический блок концепции мы включили два элемента: подходы к определению устойчивости организации в конкурентной среде; типы устойчивости развития конкурентного потенциала торговой организации. использованием ресурсного базиса, формирующего конкурентный потенциал.

Такая расширительная трактовка устойчивости обусловлена результатами анализа подходов к ее определению, разработанных другими исследователями и обобщенных в таблице 1 с выделением ключевых положений подходов для конкретизации предметных областей развития конкурентного потенциала. В порядке пояснения к таблице заметим следующее. Формулировка наименований подходов к определению устойчивости организации в конкурентной среде дана в нашей редакции, исходя из содержания ключевых идей подходов, анализ которых четко указывает на понимание устойчивости (несмотря на различие параметров ее выражения) как характеристики результатов деятельности организации. Аспект развития организации в приведенных подходах выражен менее значительно. определению устойчивости организации в конкурентной среде дана в нашей редакции, исходя из содержания ключевых идей подходов, анализ

которых четко указывает на понимание устойчивости (несмотря на различие параметров ее выражения) как характеристики результатов деятельности организации. Аспект развития организации в приведенных подходах выражен менее значительно.

Поясним, что устойчивость организации мы понимаем как характеристику ее положения (текущего или стратегического) в конкурентной среде, обеспечиваемую развитием конкурентного потенциала, формируемого взаимосвязями структурных компонент, отражающих функциональную специфику потенциала (торговую) - технологической, коммерческой, коммуникационной, имиджевой, потребительской, а также наличием.

Это позволяет нам сделать вывод о превалировании констатации факта устойчивости, обусловленной ретроспективной деятельности организации, но не перспективной. Следовательно, для обоснования потенциала развития (в том числе развития конкурентного потенциала) изученные подходы приемлемы с точки зрения его исходного, ресурсного базиса.

Лишь один из приведенных в таблице 1 подходов – динамический [2, с. 260-261] – учитывает стадии устойчивости, что совпадает с нашей позицией по поводу разделения конкурентного потенциала торговой организации на реализованную (фактическую) и резервную (стратегическую) компоненты.

Соответственно этой посылке устойчивость развития конкурентного потенциала торговой организации, на наш взгляд, также можно разделить на два типа:

- достигнутую, характеризующую реализованную способность своевременного, оперативного предотвращения возможного снижения устойчивости развития конкурентного потенциала из-за проявления негативных факторов внешней и внутренней среды деятельности торговой организации;

- прогнозируемую, характеризующую способность к резервированию потенциала для обеспечения устойчивости его развития в стратегической перспективе в соответствии с корпоративной и функциональными стратегиями развития торговой деятельности организации.

Подходы к определению устойчивости организации в конкурентной среде и их ключевые положения

Наименование подхода	Ключевые положения подходов	Авторы подхода	Источник
1	2	3	4
Имущественный	оценка устойчивости с позиций интересов кредиторов посредством анализа сбалансированности активов и пассивов баланса по срокам и способности предприятия своевременно погашать свои долги (ликвидности баланса)	Савицкая Г.В.	[5, с. 589]
Функциональный	оценка устойчивости с позиций интересов собственников и менеджмента предприятия посредством установления функционального равновесия между источниками капитала и их использованием в основных циклах хозяйственной деятельности: операционном, инвестиционном, денежном	Савицкая Г.В.	[5, с. 589]
Монетарный	оценка устойчивости посредством разделения активов организации на финансовые и нефинансовые; условием финансового равновесия и устойчивости определяется покрытие нефинансовых активов собственным капиталом, а финансовых – заемным капиталом	Абрютина М.С., Грачев А.В.	[1]
Ресурсный	оценка устойчивости посредством анализа ресурсной независимости организации – выявления излишка (недостатка) источников средств для формирования запасов и затрат, рассчитываемого как разность между общей величиной источников средств и величиной запасов и затрат	Донцова Л.В., Никифорова Н.А.; Алексеева А.И., Васильев Ю.В., Малева А.В., Ушвицкий Л.И.	[3, с. 94; 7, с. 510-512]
Финансовый	оценка устойчивости посредством расчета финансовых коэффициентов: обеспеченности запасов собственными оборотными средствами, автономии, соотношения собственных и заемных средств, соотношения мобильных и иммобилизованных средств, маневренности, индекса постоянного актива, долгосрочных привлеченных заемных средств, реальной стоимости имущества	Алексеева А.И., Васильев Ю.В., Малева А.В., Ушвицкий Л.И.; Гинзбург А.И.	[4, с. 525-526; 3, с. 248-249]
Динамический	оценка устойчивости с позиций сочетания временного фактора и степени реакции на изменения среды посредством выделения текущей (на конкретный момент времени), формальной (создаваемой и поддерживаемой государством, извне), реальной (в условиях конкуренции с учетом возможностей осуществления расширенного производства) и потенциальной устойчивости (связанной с преобразованиями с учетом изменяющихся внешних условий)	Гиляровская Л.Т., Лысенко Д.В., Ендовицкий Д.А.	[2, с. 260-261]
Факторный	оценка устойчивости посредством анализа причин, ее обуславливающих, с выделением «унаследованной» (результат наличия определенного запаса финансовой прочности организации, сформированного в течение ряда лет, защищающего ее от случайностей и резких изменений внешних неблагоприятных, дестабилизирующих факторов), технико-экономической (эффективность инвестиционных проектов, уровень материально-технической оснащенности, организации труда, управления, позволяющие организовать движение денежных потоков, обеспечивающих получение прибыли и эффективное развитие производства) и финансовой устойчивости (стабильное превышение доходов над расходами и состояние ресурсов, обеспечивающее свободное маневрирование денежными средствами организации в целях бесперебойного процесса производства и реализации, расширения и обновления)	Гиляровская Л.Т., Лысенко Д.В., Ендовицкий Д.А.	[2, с. 258-259]

1	2	3	4
Управленческий	оценка устойчивости с позиций подверженности управленческому воздействию с выделением внутренней (состояние структуры производства и предоставления услуг, их динамики, при котором обеспечивается стабильно высокий результат функционирования; в основе ее достижения лежит принцип активного реагирования на изменения среды хозяйствования) и внешней устойчивости (обусловленной стабильностью экономической среды, в рамках которой действует организация; достигается соответствующей системой управления в масштабах всей страны, т.е. управлением извне)	Гиляровская Л.Т., Лысенко Д.В., Ендовицкий Д.А.	[2, с. 263]

По нашему мнению, критерии развития конкурентного потенциала торговой организации можно отразить в следующих формулировках:

- целевой критерий – устойчивость развития конкурентного потенциала, обеспечивающая растущие позиции торговой организации в конкурентной среде целевого потребительского рынка посредством развития и реализации уникальных ключевых компетенций организации;

- оценочный критерий – сбалансированность темпов динамики структурных компонент конкурентного потенциала торговой организации (технологической, коммерческой, коммуникационной, имиджевой, потребительской), обеспечиваемая темпами динамики его ресурсной базы и реализацией фактически имеющихся конкурентных преимуществ.

Выделение критериев развития конкурентного потенциала торговой организации и оценки данного процесса, как было показано на схемах логической взаимосвязи структурных блоков концепции (рисунок 1) и содержания концепции (рисунок 2), определяется ее информационно-аналитическим блоком.

Мы полагаем, что в целях оценки состояния и динамики конкурентного потенциала в определенной мере могут использоваться результаты исследования факторов и условий его реализации.

Но более полезным для конкретной торговой организации нам представляются результаты исследования ее конкурентного проведенного с использованием наших авторских методик: исследования характера динамики конкурентного потенциала торговой организации, обеспечиваемой динамикой ресурсопотребления, и выявления резервов роста конкурентного потенциала торговой организации [6, 7, 8].

Приемлемость данных методик для использования в информационно-аналитическом блоке излагаемой концепции была доказана результатами их апробации.

Особое значение в рамках концепции развития конкурентного потенциала торговой организации мы придаем ее факторно-обеспечивающему блоку.

По сути, этот блок имеет ключевое значение, поскольку от правильного определения включенных в него детерминант развития конкурентного потенциала и условий обеспечения этого развития зависит степень соответствия вектора и динамики процесса развития целевому критерию устойчивости.

Мы осознаем, что в силу множественности детерминант, влияющих на развитие конкурентного потенциала, а также разнообразия природы их происхождения, в рамках нашей концепции раскрыть их в полной мере невозможно. Детерминанты (т.е. факторы) развития выступают предметом множества самостоятельных научных исследований

Поэтому при определении детерминант развития конкурентного потенциала торговой организации и формулировке соответствующих им условий обеспечения устойчивости развития конкурентного потенциала (таблица 2) мы акцентируем внимание на факторах, формируемых рыночной средой функциональной торговой деятельности, т.е. детерминантах развития конкурентного потенциала, определяемых спецификой потребительского рынка.

Подчеркнем, что выделяемые нами условия обеспечения устойчивости развития конкурентного потенциала торговой организации не претендуют на их «жесткую привязку» к детерминантам процесса развития потенциала. Формулировка условий производилась по принципу их сущностной близости к содержанию детерминант.

Мы допускаем возможность варьирования условиями обеспечения устойчивости развития конкурентного потенциала торговой организации «внутри» выделенных детерминант, но при этом комплексное соблюдение условий считаем однозначным к исполнению требова-

нием для обеспечения устойчивости развития потенциала. Сами по себе условия данного процесса останутся в плоскости теоретических измышлений, если не будут сопровождаться разработкой инструментов их практической реализации. Исходя из этой посылки, содержание завершающего, инструментально-

реализационного блока нашей концепции развития конкурентного потенциала торговой организации представлено двумя авторскими моделями: бенчмаркинга конкурентных преимуществ организации и сбалансированного развития ее ключевых компетенций.

Т а б л и ц а 2

Детерминанты развития и условия обеспечения устойчивости развития конкурентного потенциала торговой организации

Детерминанты развития конкурентного потенциала торговой организации	Условия обеспечения устойчивости развития конкурентного потенциала торговой организации
рост объемов потребительского спроса и расширение требований потребителей к качеству товаров и торгового обслуживания	мобилизация и эффективное использование ресурсной базы конкурентного потенциала торговой организации для оперативного и качественного удовлетворения потребностей потребителей
относительная стабильность потребительского контингента, постоянно проживающего на территории деятельности торговой организации	использование инновационных технологий торгового обслуживания потребителей для сохранения стабильности потребительского контингента, развития потребительской лояльности, доверия и приверженности
усложнение условий деятельности на потребительском рынке из-за быстрой территориальной экспансии торговых сетей	полная и эффективная реализация фактически имеющихся конкурентных преимуществ торговой организации для поддержки и укрепления стабильности занимаемых на целевом потребительском рынке конкурентных позиций
рост плотности конкуренции на потребительском рынке из-за быстрого роста количества хозяйствующих субъектов, специализирующихся на торговле	генерирование конкурентных преимуществ торговой организации в ключевые компетенции для идентификации организации потребителями в ряду конкурирующих торговых предложений, формирование уникального торгового предложения
активизация деятельности общественных организаций, защищающих права потребителей и контролирующих торговую деятельность	эффективное использование маркетинговых коммуникаций для поддержки и укрепления позитивного имиджа и деловой репутации торговой организации
непредсказуемость изменения рыночной среды из-за влияния факторов макроэкономического порядка	формирование альтернативного набора стратегий конкурентного поведения для опережающего создания, удержания и развития специфических для торговой организации ресурсов, способностей и компетенций
диверсификация деятельности субъектов, технологически сопряженных с торговлей, в направлении выполнения несвойственных им функций	развитие партнерских отношений с субъектами институциональной среды потребительского рынка на принципах аутсорсинга для сосредоточения на выполнении главных задач функциональной торговой деятельности
быстрое развитие торговли в виртуальной среде из-за роста числа интернет-магазинов	интенсивное использование ресурсов глобальных информационных сетей для пропаганды торговой организации и продвижения ее торгового предложения

Подчеркнем, что использование модели бенчмаркинга конкурентных преимуществ торговой организации должно предварять использование модели сбалансированного развития ее ключевых компетенций.

Аргументом для такой последовательности использования моделей выступает наше понимание ключевых компетенций торговой организации как комплекса уникальных конкурентных преимуществ, генерируемых в функциональных сферах деятельности орга-

низации, а также доказательство соотношения конкурентных преимуществ и ключевых компетенций как причины и следствия [7].

Изучение передового опыта реализации конкурентных преимуществ, проведенное посредством бенчмаркинга, позволяет торговой организации выявить те из них, которые поддерживают позиции, фактически занимаемые ею на целевом потребительском рынке.

Для обеспечения устойчивости данных позиций и их расширения конкурентных пре-

имуществ, в силу их относительного характера и свойства быстрого копирования конкурентами, на наш взгляд, недостаточно. Для этого требуется, чтобы торговая организация обладала уникальными ключевыми компетенциями, идентифицирующими ее от конкурентов, формируемыми во взаимодействующих функциональных сферах торговой деятельности.

В отличие от конкурентных преимуществ, формирование которых может осу-

ществляться в относительно коротком временном промежутке, создание ключевых компетенций торговой организации требует более длительного по протяженности времени.

Данные положения были учтены нами при разработке авторских моделей, обеспечивающих реализацию положений изложенной концепции в экономической практике торговых организаций.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрютина М.С., Грачев А.В. Финансовый анализ коммерческой деятельности предприятия. М.: Издательство «Финпресс», 2002. 175 с.
- 2 Гиляровская Л.Т., Лысенко Д.В., Ендовицкий Д.А. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности. М.: ТК Велби, Изд-во «Проспект», 2008. 360 с.
- 3 Донцова Л.В., Никифорова Н.А. Комплексный анализ бухгалтерской отчетности. М.: Дело и сервис, 2001. 304 с.
- 4 Алексеева А.И., Васильев Ю.В., Малеева А.В., Ушвицкий Л.И. Комплексный экономический анализ хозяйственной деятельности. М.: КНОРУС, 2007. 672 с.
- 5 Савицкая Г.В. Экономический анализ. М.: Новое знание, 2007. 679 с.
- 6 Семененко С.В. Методические аспекты формирования и управления конкурентным потенциалом организации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. №2 (42). С. 121-129.
- 7 Семененко С.В., Клименко О.И. Теория и методология исследования конкурентного потенциала торговой организации: монография. Белгород: Изд-во Белгородского университета кооперации, экономики и права, 2013. 224 с.
- 8 Семененко С.В. Исследование конкурентного потенциала торговой организации: методологические основы и методическое обеспечение: монография. Белгород: Изд-во Белгородского университета кооперации, экономики и права, 2014. 187 с.

REFERENCES

- 1 Abriutina M.S., Grachev A.V. Finansovyi analiz kommercheskoi deiatel'nosti predpriiatiia [Financial analysis of business enterprise]. Moscow: Izdatel'stvo "Finpress", 2002. 175 p. (In Russ.).
- 2 Giliarovskaia L.T., Lysenko D.V., Endovitskii D.A. Kompleksnyi ekonomicheskii analiz khoziaistvennoi deiatel'nosti [Comprehensive economic analysis of economic activity]. Moscow TK Velbi, Izd. "Prospect", 2008. 360 p. (In Russ.).
- 3 Dontsova L.V., Nikiforov N.A. Kompleksnyi analiz bukhgalterskoi aktivnosti [Comprehensive analysis of the financial statements]. Moscow, Delo i servis, 2001. 304 p. (In Russ.).
- 4 Alekseeva A.I., Vasil'ev Yu.V., Maleeva A.V., Ushytskii L.I. Kompleksnyi ekonomicheskii analiz khoziaistvennoi deiatel'nosti [Comprehensive economic analysis of economic activity]. Moscow, KNORUS, 2007. 67 p. (In Russ.).
- 5 Savitskaia G.V. Ekonomicheskii analiz [Economic analysis]. Moscow, Novoe znanie, 2007. 679 p. (In Russ.).
- 6 Semenenko S.V. Methodological aspects of the formation and management of the organization competitive potential. *Vestnik BUKER*. [Bulletin of Belgorod University of Cooperation, Economics and Law], 2012, no. 2 (42), pp. 121-129. (In Russ.).
- 7 Semenenko S.V., Klimenko O.I. Teoriia i metodologiya issledovaniia konkurentnogo potentsiala torgovoi organizatsii [Theory and methodology of competitive potential Trade Organization]. Belgorod BUKER, 2013. 224 p. (In Russ.).
- 8 Semenenko S.V. Issledovaniie konkurentnogo potentsiala torgovoi organizatsii: metodologicheskoe obespechenie i metodicheskoe obespechenie [Research on the competitive potential of the trade organization: methodological foundations and methodological support]. Belgorod, BUKER, 2014. 187 p. (In Russ.).

УДК 332.024

Профессор Е.В. Сибирская

(Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова) кафедра статистики.
тел. (499) 237-93-49

E-mail: kafstat@mail.ru

профессор О.А. Строева, доцент С.Н. Мартов

(Орловский государственный университет) кафедра товароведения, сервиса и торговой инфраструктуры. тел. (4862) 76-12-06

E-mail: stroeva-olesya@mail.ru

Professor E.V. Sibirskaja,

(Moscow, Russia. Plekhanov Russian University of Economics) Department of statistics.
phone (499) 237-93-49

E-mail: kafstat@mail.ru

professor O.A. Stroevea, associate Professor S.N. Martov

(Orel, Russia. Orel state university) Department of merchandizing, service and trade infrastructure. phone (499) 237-93-49

E-mail: stroeva-olesya@mail.ru

Регионализация процесса управления инновационной деятельностью

Regionalization of management process by innovative activity

Реферат. В нынешних рыночных условиях экономики и присоединения России к международной торговле ученые и эксперты различных областей знаний особое внимание уделяют огромному набору региональных проблем. Растущая роль региональных исследований определяет уровень создания эффективных механизмов реализации экономических интересов субъектов, так как экономическое развитие страны и повышение качества жизни человека является приоритетными задачами федеральных, региональных и местных органов власти. Сегодня перед российской экономической наукой стоит глобальная цель – разработать пути и способы трансформации российской экономики и вывести ее на путь устойчивого, инновационного развития, обеспечивающего новое качество жизни. Достижение этой цели, несомненно, должно стать центральной задачей российской экономической науки и политики, как на ближайшее время, так и на долгосрочную перспективу. В статье авторами раскрыто содержание детерминантов инновационного развития территории, опосредованных усилением регионализации управления инновационной деятельностью: состояние ресурсного и инновационного потенциала; сложившиеся формы и характер взаимодействия между органами государственной власти регионального уровня, местным сообществом и бизнесом; применяемые формы интеграции субъектов хозяйствования для реализации их инновационного потенциала за счет расширения возможностей участия в перспективных направлениях научно-технического, экономического и социального развития; система стимулов, вырабатывающих благоприятные условия для внедрения и разработки инновационных технологий, а также увеличения предпринимательской активности, формируемых внешней институциональной средой; региональная экономическая политика как инструмент повышения эффективности инновационной деятельности.

Summary. In current market conditions, the economy and Russia's accession to international trade scholars and experts from various fields of knowledge paying special attention to a huge set of regional problems. The growing role of regional research determines the level of establishing effective mechanisms for the implementation of the economic interests of actors as well as economic development and improving the quality of human life is the priority objectives of federal, regional and local authorities. Today, the Russian economic science faces a global goal - to develop ways and means of transformation of the Russian economy and bring it to a path of sustainable, innovative development, providing new quality of life. Achieving this goal must surely be a central task of the Russian economics and politics, as in the near future and the long term. In article authors opened the maintenance of determinants of innovative development of the territory, mediated by strengthening of regionalization of management by innovative activity: condition of resource and innovative potential; the developed forms and nature of interaction between public authorities of regional level, local community and business; applied forms of integration of subjects of managing for realization of their innovative potential due to expansion of opportunities of participation in the perspective directions of scientific and technical, economic and social development; system of the incentives developing favorable conditions for introduction and development of innovative technologies, and also increases in the enterprise activity, formed by the external institutional environment; regional economic policy as instrument of increase of efficiency of innovative activity.

Ключевые слова: управление, развитие, инновации, регионализация

Keywords: management, development, innovations, regionalization.

В нынешних рыночных условиях экономики и присоединения России к международной торговле ученые и эксперты различных областей знаний особое внимание уделяют огромному набору региональных проблем. Растущая роль региональных исследований определяет уровень создания эффективных механизмов реализации экономических интересов субъектов, так как экономическое развитие страны и повышение качества жизни человека является приоритетными задачами федеральных, региональных и местных органов власти.

Сегодня перед российской экономической наукой стоит глобальная цель – разработать пути и способы трансформации российской экономики и вывести ее на путь устойчивого, инновационного развития, обеспечивающего новое качество жизни. Достижение этой цели, несомненно, должно стать центральной задачей российской экономической науки и политики, как на ближайшее время, так и на долгосрочную перспективу.

При этом подразумевался не автоматический переход регионов на общепринятые в мире траектории развития, опирающиеся на преимущества «частного предпринимательства свободных собственников и менеджеров в рыночной среде», а продуманная регионализация процесса управления инновационной деятельностью, с учетом российских условий, накопленного страной опыта, гармоничного, социально ориентированного и инновационно ориентированного развития с эффективным использованием возможностей интеллекта и новых технологий.

В настоящее время развитие инновационной деятельности это наиважнейший фактор конкурентоспособности, и, как следствие, положительное изменение экономики региона. Развитие инновационной деятельности на уровне регионов напрямую связано с мероприятиями по созданию инновационной среды, способной формировать благоприятные условия для положительной динамики развития через обеспечение непрерывного воспроизводственного инновационного процесса.

В экономическом словаре под «регионализацией» понимается развитие, укрепление экономических, политических и иных связей между областями или государствами, входящими в один регион; возникновение региональных объединений государств» [9].

Геоэкономический словарь-справочник трактует понятие регионализации как «процесс формирования и развития межгосударственных

экономических и других объединений на основе близости социокультурных факторов. В современном мире регионализация выступает одновременно как этап и ответ на вызовы глобализации (интернационализации) (ЕС, ОСЕАН, АТЭК и др.). Ускорение модернизации через территориальную концентрацию, конкуренцию региональных условий хозяйствования» [5].

По мнению Бусыгиной И.М. «регионализация – процесс перераспределения властных компетенций, передачи функций от национального на региональный уровень, появление и развитие новых институциональных форм, отвечающих новой роли регионов в процессе принятия решений на национальном и наднациональном уровнях» [3].

Бабурина О.Н. в статье «Регионализация и глобализация: к проблеме взаимосвязи» указывает, на то что «регионализация это подход к рассмотрению экономических, социальных, политических и других проблем под углом зрения интересов и потребностей того или иного региона» [1].

Инновационное развитие регионов представляет собой социально-экономический процесс, направленный на увеличение потенциалов (инновационного и инвестиционного) через создание инновационных продуктов, основой которого является формирование региональной инновационной системы.

Авторами выделены детерминанты развития инновационной деятельности в регионе:

1. Состояние ресурсного и инновационного потенциала территории (количество экономических ресурсов, распределяемых между научно-технической, образовательной, инвестиционной подсистемами региона, которые общество может использовать для своего развития), определяющее особенности экономических интересов хозяйствующих субъектов региона, специфику и уровень развития территории, соотношение технологических структур хозяйственной системы (рисунок 1).

Основным условием для инноваций в регионе является набор ресурсов и организационно-экономическая система, которая преобразует эти ресурсы в инновационный продукт. Этот процесс характеризует уровень развития инновационной сферы в регионе и действует как отдельная экономическая категория - инновационный потенциал. Способность региона перейти на инновационный путь развития можно определить как уровень регионального инновационного потенциала [10].



Рисунок 1. Детерминанта развития инновационной деятельности «состояние ресурсного и инновационного потенциала территории»

Из выступления министра регионального развития РФ Дмитрия Козака на пленарном заседании Общественной палаты РФ от 23.05.2008 следует, что «...механизмы, которые стимулировали бы регионы к развитию и направляли бы усилия региональной политики на достижение максимального социально-экономического развития, сегодня недостаточно отработаны» [4].

Положительная динамика качества жизни населения является базисным показателем, который характеризует степень развития того или иного региона. Этот интегральный показатель представляет собой совокупность таких показателей, увеличение доходов населения, как динамика роста валового регионального продукта, в т. ч. на душу населения; качества регионального человеческого капитала; инфраструктурная и социальная обеспеченность территории и др. [12].

Кажется очевидным, что наибольшее влияние на развитие субъектов Федерации России оказывает экономический рост в регионе, который выражается в виде валового регионального продукта и валового регионального продукта на душу населения. Таким образом, динамика ВРП является ключевым фактором саморазвития территорий, и оценка ВРП может служить показателем для определения уровня развития регионов.

В рамках существующих региональных различий субъектов федерации является абсолютно необходимым учет всех возможных компонентов социально-экономических характеристик. Кроме того, идеализация мобильности ресурсов опровергается не только отечественной, но и зарубежной практикой в условиях глобализации экономики. Прежде всего, мы не можем охарактеризовать мобильные природные ресурсы, а во-вторых, известны многие примеры, когда трудовая миграция в более социально-экономически развитые регионы увеличивала региональные различия.

Ж.-Р. Будвиль (Boudeville J.R., 1966) предложил иерархию полюсов роста, которую, по нашему мнению, представляется целесообразным использовать при оценке регионального потенциала [13].

Ни для кого не является секретом, что независимый и самостоятельный экономический рост потенциален только на верхних уровнях предлагаемой иерархии; к тому же, вероятность экономического роста на более низких уровнях находятся в прямой зависимости механизмов взаимопроникновения инноваций. Тогда как развитие технологического прогресса в будущем будет гарантировать организацию центров формирования инноваций (в т. ч. и в слабо развитых субъектах), что значит изменение региональных диспропорций и смещение асимметрий регионального развития.

2. Сложившиеся формы и характер взаимодействия между субъектами государственной власти регионального уровня, местным сообществом и бизнес-структурами (рисунок 2).



Рисунок 2. Детерминанта развития инновационной деятельности «формы и характер взаимодействия между региональной властью, местным сообществом и бизнес-структурами»

По мнению Александра Бима [8], основными рисками взаимодействия бизнеса и власти в современных условиях являются: а) очевидная гипертрофия, непропорциональность административного ресурса, позволяющая органам государственного управления «продавливать» желательное участие бизнеса в решении региональных проблем; б) корпоративный эгоизм, стремление максимально возможным образом ограничить участие компаний в региональном развитии; в) «имиджевый», презентационный акцент корпоративной социальной ответственности; г) все еще слабая, хотя и возрастающая в последнее время, готовность сторон к конструктивному диалогу, учитывающему взаимные интересы.

По мнению авторов, если формирование взаимодействия между бизнес-структурами, региональной властью и местным сообществом достигнуто, то бизнес становится заинтересованным в усилении собственной репутации, а его вложения в инновационную сферу.

3. Применяемые формы интеграции субъектов хозяйствования для реализации их инновационного потенциала за счет расширения возможностей участия в перспективных направлениях научно-технического, экономического и социального развития (рисунок 3).



Рисунок 3. Детерминанта развития инновационной деятельности «интеграция субъектов хозяйствования»

Все интеграционные процессы это объективная тенденция состояния рынка в современных условиях. Анализируя и систематизируя мировой опыт, можно выделить следующие ключевые мотивы интеграции: получение синергетического эффекта; увеличение конкурентоспособности; повышение качества управления; устранение неэффективности.

Интеграция предпринимательских структур определяется следующими признаками: взаимопроникновением и переплетением национальных производственных процессов; происходящие глубокие структурные измене-

ния в экономике регионов; целенаправленность регулирования интеграционных процессов; становление региональных структур.

Для развития условий интеграции предпринимательских структур региона необходимы: экономическая и политическая база; программы и инструменты региональной экономической политики; развитая рыночная инфраструктура; решения органов власти в конкретной отрасли.

Развитие субъектов хозяйствования на основе интеграции и инновации является не только актуальным, но и может стать определяющим фактором для успешного воплощения принятых решений на уровне региона и страны в целом.

Для определения специфики и уровня развития территории можно использовать разработанную Майклом Портером [7] теорию конкурентных преимуществ. В российских экономических исследованиях эта теория нашла отражение в разработке концепции «точек роста экономики». Эта концепция говорит о возможности обеспечения экономического роста регионов посредством наличествующих ресурсных преимуществ субъекта, которые зависят от межрегиональной конкуренции и социально-экономического положения территории. Собственно из этих особенностей складываются факторы, влияющие на формирование регионального потенциала. Такие как трудовые ресурсы, капитал, земельные ресурсы, инфраструктура, квалификационные ресурсы, система создания и повышения квалификации.

Теория конкурентных преимуществ имеет безусловное достоинство при определении отраслевой специфики социально-экономического развития регионов. Оно заключается в разделении параметров указанных факторов на специализированные и общие для разных сфер бизнеса, например: специализированные технологии, высококвалифицированные кадры в рамках узкой специализации и другие. Поскольку предоставляют преимущества в течение продолжительного времени в условиях свободной конкуренции.

Другой вариант теории отраслевого размещения, когда анализируя выбор предприятия региона для своей деятельности, отражаем тесную взаимосвязь оптимизации отраслевой структуры региона и обоснования направлений экономической деятельности, отраслей экономики, которые являются приоритетными для развития региона. Любая экономическая деятельность приносит определенный социально-экономический эффект, который ограничен теми или иными ресурсами: финансовыми; инфраструктурными; природными; сырьевыми; трудовыми и другими.

По нашему мнению, необходимо сконцентрироваться на одной или нескольких отраслях экономики для приоритетного развития. В данном случае необходимо приоритет отдать комплексному развитию, которое будет способствовать повышению не только экономической стабильности, но и социальной.

4. Система стимулов, вырабатывающих благоприятные условия для внедрения и разработки инновационных технологий, а также увеличения предпринимательской активности, формируемых внешней институциональной средой.

Институциональная среда подвергается постоянному преобразованию, что связано с институциональными изменениями, обусловленными несоответствием между имеющимися институтами и изменившимися условиями, внешней средой.

Внешняя институциональная среда, формирует систему стимулов через разработку законодательных и нормативных актов; правовой режим собственности; систему исполнения контрактов; социокультурные нормы; институциональное доверие, которые базируются на внедрении институциональных технологий, а также импортом новых институтов, способных обеспечить снижение трансакционных издержек функционирования экономической системы.

В случае изменения экономических условий хозяйственной деятельности структуру и границы соглашений, контрактов, договоров постоянно пересматривают, поэтому институциональный механизм является процессом их непрерывного создания, развития и трансформации.

5. Региональная экономическая политика как инструмент повышения эффективности инновационной деятельности (параметры рыночных трансакций; наличие альтернативных организационных структур – формальных и неформальных, обеспечивающих эффективный обмен; существование развитой бизнес-инфраструктуры, создающей предпосылки для становления и развития предпринимательства; развитость внутренних рынков, наличие интегрированных структур), определяемая инновационной, научно-технической и социально-экономической политикой региональных властей.

В рамках региональной экономической политики функционируют формальные и неформальные институты, которые обеспечивают реализацию потенциала инновационной деятельности. К ним относятся, концепции, программы, стратегии с сфере развития инноваций, а также законодательная база на мезо-

уровне. Присутствие в регионе данных институтов, способствует формированию сектора научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, наличию бизнес-партнерств, стратегических структур в сфере инновационного бизнеса, развитию инфраструктуры инновационной деятельности.

Огромное значение повышение эффективности инновационной деятельности оказывают объемы трансакционных издержек, которые формируют развитие инновационно ориентированного предпринимательства и влияют на инновации передовых технологий.

Сфера предпринимательской деятельности имеет широкие границы. Процесс развития бизнес-инфраструктуры для предпринимательства непрерывен и ориентирован на развитие внутренних рынков, наличие интегрированных структур, повышение качества. Если бизнес-инфраструктура функционирует в полном объеме своих возможностей, то предпринимательство развивается результативно.

Регионализация процесса управления инновационной деятельностью будет задавать общие ценности и направления развития и вместе с тем должна быть представлена совокупностью экономических моделей каждого субъекта, входящего в состав России. При ином, противоположном подходе, когда первоначально формируется достаточно подробная экономическая модель государства, а лишь затем эта модель директивно спускается в исполнение регионов, у последних остается очень небольшой интервал свободного варьирования, что может привести к недоиспользованию имеющегося потенциала конкретного субъекта и перекосам в региональном управлении. Нет сомнения, что для каких-то регионов сформированная общегосударственная модель регионализации действительно будет носить адекватный характер, и тогда эти регионы начнут (или продолжают) свое развитие, вырываясь вперед, оставляя позади другие регионы, для которых новые условия развития не соответствуют имеющемуся потенциалу, или же не позволяют использовать его в полной мере. В итоге, такие регионы будут все больше отставать от развития передовых, ухудшатся характеристики их экономической составляющей.

Таким путем страна никогда не снизит имеющуюся региональную дифференциацию, и в пределах одного государства население будет жить в совершенно разных условиях. Такой исход неизбежен, поскольку, еще раз повторимся, Россия отличается сегодня от всех

стран мира не просто размером территориальной площади и колоссальными природными, транспортными, экономическими и социальными различиями, присутствующими в ее пределах, но и мощным пластом производственных отношений своеобразного социализма в своей истории, препятствующим сегодня развитию новых, более прогрессивных экономических отношений в рамках социального рыночного хозяйствования.

Регионализация процесса управления инновационной деятельностью должна выступить позиция о всестороннем комплексном использовании регионального потенциала. При этом разработка механизмов, регламентирующих экономические отношения, должна быть направлена:

- во-первых, на равноценное отношение государства ко всем территориальным субъектам;
- во-вторых, на адекватную поддержку со стороны федерального центра ключевых региональных компетенций, предварительно выявленных в каждом регионе;
- в-третьих, на создание условий свободного предпринимательства и конкуренции для прочих сфер деятельности, ограничив влияние власти и лоббирование интересов бизнеса.

Каждый регион обладает собственными экономическими признаками и каждый по-своему регионализируется, несмотря на то, что подвергается общим влияниям государственной политики на федеральном уровне, мировой экономической конъюнктуры и других факторов.

Таким образом, нами раскрыто содержание детерминантов инновационного развития территории, опосредованных усилением регионализации управления инновационной деятельностью: состояние ресурсного и инновационного потенциала; сложившиеся формы и характер взаимодействия между органами гос-

ударственной власти регионального уровня, местным сообществом и бизнесом; применяемые формы интеграции субъектов хозяйствования для реализации их инновационного потенциала за счет расширения возможностей участия в перспективных направлениях научно-технического, экономического и социального развития; система стимулов, вырабатывающих благоприятные условия для внедрения и разработки инновационных технологий, а также увеличения предпринимательской активности, формируемых внешней институциональной средой; региональная экономическая политика как инструмент повышения эффективности инновационной деятельности.

Данная система детерминантов опосредована регионализацией управления развитием инновационной деятельности, обусловленной: высокой межрегиональной дифференциацией по уровню и качеству жизни населения; неравномерным распределением ресурсов по территории страны; технологической отсталостью национального хозяйства; существующей унификацией инновационных процессов в национальном хозяйстве; реализацией стандартизированного подхода к организации инновационной деятельности; потребностями экономики в максимально быстрой диффузии технологий в рамках определенной специализации; необходимостью интеграции усилий всех субъектов инновационной деятельности в границах конкретного региона; нарастанием потребности смещения акцента в управлении инновационным развитием в регионе.

Выделенные детерминанты развития инновационной деятельности в регионе определяют особенности и ограничения построения системы управления инновационной деятельностью в регионе.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бабурина О.Н. Регионализация и глобализация: к проблеме взаимосвязи // Проблемы современной экономики. 2008. №3 (27).

2 Бойко И. Регион: первичный уровень формирования национальной инновационной системы [Электронный ресурс] // Открытая экономика. 2003. Режим доступа: <http://stra.teg.ru/lenta/innovation/336>

3 Бусыгина И.М. Концептуальные основы европейского регионализма. Регионы и регионализм на Западе и в России. М.: Институт Европы, 2001.

4 Выступление министра регионального развития РФ Д. Козака на пленарном заседании Общественной палаты РФ от 23.05.2008 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://archive.minregion.ru/WorkItems/NewsItem.aspx?NewsID=900>

5 Дергачев В.А. Геоэкономический словарь-справочник. Одесса: Ипрэи нану, 2004. 177 с.

6 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.gks.ru/>

7 Портер М. Конкуренция: монография. М., 2003.

8 Развитие бизнесом территорий присутствия: управление современными вызовами // Журнал пользователя Business And Society Review [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gtmarket.ru/blog/business-and-society-review/2010/12/24/2849>

9 Регионализация. Экономический словарь [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://ekslovar.ru/slovar/r-regionalizatsiya.html>

10 Сибирская Е.В., Строева О.А. Основные положения, детерминанты и условия управления инновационным развитием // Вестник ОрелГИЭТ. 2011. №1. С. 5-10.

11 Строева О.А., Сибирская Е.В. Финансирование инноваций в регионе: формирование управленческих решений // Проблемы теории и практики управления. 2012. №1. С. 11-18.

12 Тарасова О.Ю., Комов В.В. Теоретические подходы к устойчивому социально-экономическому развитию региона // Вестник ТГУ. 2008. № 9 (65). С.455-459

13 Boudeville J.R. Problems of Regional Economic Planning. Edinburgh, 1966.

14. Common J. Institutional Economics. The American Economic Review, 1931, vol. 21. no. 4. pp. 648-657.

REFERENCES

1 Baburina O. N. Regionalization and globalization: to a problem of interrelation. Problemy sovremennoi ekonomiki. [Problems of modern economy], 2008, no. 3 (27). (In Russ.).

2 Boiko I. Region: primary level of formation of national innovative system. Otkrytaia ekonomika. [Open economy], 2003. Available at: <http://stra.teg.ru/lenta/innovation/336>. (In Russ.).

3 Busygina I.M. Kontseptual'nye osnovy evropeiskogo regionalizma. Regiony i regionalizm na Zapade i v Rossii [Conceptual bases of the European regionalism. Regions and regionalism in the West and in Russia]. Moscow, Institut Evropy, 2001. (In Russ.).

4 Vystupleniu ministra regional'nogo razvitiia RF D. Kozaka na plenarnom zasedanii obshchestvennoi palaty RF [Speech of the Minister of Regional Development of the Russian Federation D. Kozak at plenary meeting of the Civic chamber of the Russian Federation of 23.05.2008]. Available at: <http://archive.minregion.ru/WorkItems/NewsItem.aspx?NewsID=900>. (In Russ.).

5 Dergachev V.A. Geoekonomicheskii slovar' – spravochnik [Геоэкономический словарь-справочник]. Odessa, Ipreei nanu, 2004. 177 p. (In Russ.).

6 Offitsial'nyi sait Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki [Official site of Federal State Statistics Service]. Available at: <http://www.gks.ru/>. (In Russ.).

7 Porter M. Konkurentsiiia [Competition]. M, 2003. (In Russ.).

8 Development by business of territories of presence: management of modern calls. Zhurnal pol'zovatel'ia Business And Society Review. [Magazine of the user of Business And Society Review]. Available at: <http://gtmarket.ru/blog/business-and-society-review/2010/12/24/2849>. (In Russ.).

9 Regionalizatsiia. Ekonomicheskii slovar' [Regionalization. Economic dictionary]. Available at: <http://ekslovar.ru/slovar/r-regionalizatsiya.html>. (In Russ.).

10 Sibirskaya E.V., Stroeva O.A. Basic provisions, determinants and conditions of management of innovative development. Vestnik OreICIET. [OrelGIET Bulletin], 2011, no.1, pp. 5-10. (In Russ.).

11 Stroeva O.A., Sibirskaa E.V. Financing of innovations in the region: formation of administrative solutions. Problemy teorii i praktiki upravleniia. [Problems of the theory and practice of management]. 2012, no. 1, pp. 11-18. (In Russ.).

12. Tarasova O. Iu., Komov V.V. Theoretical approaches to sustainable social and economic development of the region. Vestnik TGU. [TGU Bulletin]. 2008, no. 9 (65), pp. 455-459. (In Russ.).

13 Boudeville J.R. Problems of Regional Economic Planning. Edinburgh, 1966.

14. Common J. Institutional Economics. The American Economic Review, 1931, vol. 21. no. 4. pp. 648-657.

**РЕГИОНАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ**

**MANAGEMENT PROCESS REGIONALIZATION
INNOVATIVE ACTIVITY**

Контактный тел.: 89102690035

Сибирская Елена Викторовна
ФГБОУВПО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова»
117997, г. Москва, Стремянный переулок 36, 4 этаж 29 ауд. Телефон: (499) 237-93-49
E-mail: kafstat@mail.ru
Кафедра статистики, доктор экономических наук, профессор

Подпись _____ Дата _____

Sibirskaya Elena Viktorovna
FGBOU VPO «Plekhanov Russian University of Economics»
117997, Moscow, Stremyanny Lane 36, 4 floor 29 miss. Phone: (499) 237-93-49
E-mail: kafstat@mail.ru
Statistics chair, doctor of Economics, professor

Строева Олеся Анатольевна
ФГБОУВПО «Орловский государственный университет»
302028, г. Орел, ул. Ленина, 6а, 205 ауд. Телефон: 8-910-300-01-19, e-mail: stroeva-olesya@mail.ru
Кафедра товароведения, сервиса и торговой инфраструктуры, доктор экономических наук, профессор

Подпись _____ Дата _____

Stroeva Olesya Anatolyevna
FGBOUVPO «The Oryol state university»
302028. Eagle, Lenin St., 6a, 205th miss. Phone: 8-910-300-01-19, e-mail: stroeva-olesya@mail.ru
Chair of merchandizing, service and trade infrastructure, doctor of Economics, professor

Мартов Сергей Николаевич
ФГБОУВПО «Орловский государственный университет»
302028, г. Орел, ул. Ленина, 6а, 205 ауд. Телефон: 8-910-300-01-19, e-mail: Sergey_Martov@bk.ru
Кафедра товароведения, сервиса и торговой инфраструктуры, кандидат экономических наук, доцент

Подпись _____ Дата _____

March Sergey Nikolaevich
FGBOUVPO "The Oryol state university"
302028. Eagle, Lenin St., 6a, 205th miss. Phone: 8-910-300-01-19, e-mail: Sergey_Martov@bk.ru

Chair of merchandizing, service and trade infrastructure, Candidate of Economic Sciences, associate professor

Ключевые слова: управление, развитие, инновации, регионализация

Keywords: management, development, innovations, regionalization.

Профессор И.П. Богомолова, доцент О.Г. Стукало,
соискатель И.Е. Устюгова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра управление, организация производства и
отраслевой экономики. тел. (473) 255-27-10
E-mail: ystugova@yandex.ru

Professor I.P. Bogomolova, associate Professor O.G. Stukalo,
applicant I.E. Ust'ugova

(Voronezh state university of engineering technology) Department of management, organiza-
tion and production of industrial economics. phone (473) 255-27-10
E-mail: ystugova@yandex.ru

Методические подходы к оценке эффективности функционирования интеграционных формирований

Methodological approaches to assessing the efficiency of the integration units

Реферат. В статье рассматриваются научно-методический аппарат оценки, выстроенный на базе категорий «результативность» и «оптимальность», позволит, с одной стороны, установить результативность функционирования объединений в предшествующих периодах, с другой - выявить параметры, обуславливающие состояние и результаты интегрированного производства в будущем. С учетом результатов проведенных исследований, нами разработана методика комплексной оценки эффективности функционирования агропромышленных формирований. Ее суть заключается в определении интегрального коэффициента эффективности на основе двух взаимодополняющих групп параметров: результативности, выраженных системой относительных показателей, и оптимальности, в качестве количественной характеристики которых использованы предельные величины. В качестве отличительных особенностей предложенной методики, определяющих ее научную новизну и практическую значимость, следует отметить: обеспечение возможности оценки эффективности использования существующих и дополнительно вовлекаемых в производство ресурсов; использование единой системы критериев и показателей оценки результативности и определения уровня оптимальности мясного производства, выстроенной в соответствии с последовательностью стадий воспроизводственного процесса; универсальность расчетного механизма, используемого для анализа эффективности хозяйствования в звеньях производственной цепи (сельское хозяйство, переработка, торговля) и в целом интеграции. Методика предполагает выполнение совокупности расчётных и аналитических операций, сгруппированных нами в рамках взаимосвязанных этапов. В результате могут быть выявлены приоритетные направления развития объединения, в т.ч. необходимость оптимизации состава участников и пропорций технологической цепочки, разработки и реализации инновационных программ, освоение новых технологий, методов управления.

The article examines the scientific and methodological apparatus assessment, built on the basis of the categories of «effectiveness» and «optimality», will allow, on the one hand, to establish the efficiency of functioning of associations in prior periods, on the other - to identify the parameters conditioning condition and results of integrated production in the future. Taking into account the results of these studies, we developed a methodology of integrated assessment of efficiency of functioning of the agro-industrial units. Its essence consists in the determination of the integral coefficient of efficiency on the basis of two complementary groups of settings: performance, expressed in the system of relative indicators, and optimality, the quantitative characteristics of which used the limit values. As the distinctive features of the proposed methodology, determining its scientific novelty and practical significance, it should be noted: enabling the assessment of the effectiveness in using existing and advanced involved in production resources; the use of a unified system of criteria and performance measures and to determine the level of optimality of meat production, built in accordance with the sequence of stages of the reproduction process; universality settlement mechanism, used for the analysis of efficiency of managing the links of the production chain (agriculture, processing, trade) and overall integration. The technique involves the execution of the aggregate calculation and analytical operations, grouped by us in the framework of interrelated stages. The result can be identified priority directions of development of the Association, the necessity to optimize the composition of participants and proportions of the process chain, development and implementation of innovative programs, development of new technologies and management methods.

Ключевые слова: методические подходы, оценка эффективности, интегрированные формирования, мясная промышленность.

Keywords: methodological approaches, performance assessment, integrated formation, meat industry.

© Богомолова И.П., Стукало О.Г., Устюгова И.Е., 2014

Характеристика подходов к анализу эффективности

Критерий сравнения	Ключевые различия подходов к анализу эффективности, использующих категорию	
	«результативность»	«оптимальность»
Экономический синоним	результативность, продуктивность, действенность	оптимальность, равновесие, сбалансированность
Сущность понятия	изменения в производстве, соотношение затрат и результатов	состояние интегрированного производства
Направленность анализа	ретроспективная (достигнутый промежуточный результат)	перспективная (целесообразность дальнейшего развития)
Содержание анализа	обобщающая характеристика результатов функционирования, измерение ресурсоотдачи	внутренняя характеристика пропорциональности между составляющими системы
Концептуальная основа	процессный подход, теория экономии на масштабах, закон экономии времени	системный подход, Парето-эффективность, закон убывающей отдачи
Измерительная система	система абсолютных и относительных показателей	система предельных и средних величин

В современных условиях активное развитие интеграционных процессов в России предопределяет актуальность разработки методики оценки эффективности функционирования интеграционных формирований. Цель проводимых исследований – оценка результатов и выявление закономерностей развития интеграционных отношений между субъектами хозяйствования в АПК Воронежской области.

Разработка научно обоснованных методов оценки эффективности интеграции вызывает необходимость более глубокого изучения экономической сущности категории эффективность, в том числе применительно к особенностям взаимоотношений субъектов агропромышленного производства.

В работах таких ученых, как В. Акулич, В.А. Воробьев, В.Г. Гусаков, С.А. Константинов, В.Д. Шмыков, Т.В. Кулагина, И.Б. Гусева, С.В. Чубаро, И.П. Богомолова, А.И. Хорев нашли отражение концептуальные положения теории эффективности применительно к анализу интегрированных производственных систем. Названными авторами эффективность производства оценивается с учетом не только количества полученных продуктов (результатов), но и объема использованных при этом ресурсов. В работе Богомоловой И.П. и Шатохиной Н.М. эффективность трактуется как «... сложной и многоплановой категорией, сущность которой заключается в увеличении выпуска конкурентоспособной продукции в оптимальном количестве при минимальных затратах, вследствие применения и внедрения достижений НТП, улучшения качества, рационального использования сырьевых, производственных ресурсов». По их общему мнению, использование каждой дополнительной единицы ресурсного потенциала должно сопровождаться положительным изменением результирующих показателей.

Таким образом, нами установлено, что обоснование качественной стороны эффективности целесообразно строить на базе категорий «результативность» и «оптимальность». Основные характеристики указанных подходов систематизированы и приведены нами в таблице 1.

Использование научно-методического аппарата оценки, выстроенный на данной основе, позволит, с одной стороны, установить результативность функционирования объединений в предшествующих периодах, с другой – выявить параметры, обуславливающие состояние и результаты интегрированного производства в будущем.

Использование научно-методического аппарата оценки, выстроенный на данной основе, позволит, с одной стороны, установить результативность функционирования объединений в предшествующих периодах, с другой – выявить параметры, обуславливающие состояние и результаты интегрированного на сегодняшний день методически проработанными направлениями являются: оценка рыночной стоимости, уровня конкурентоспособности, наличия синергетического эффекта функционирования, а также устойчивости интегрированного формирования с позиций финансового анализа. Слабое методическое обеспечение получили вопросы оценки эффективности функционирования объединений с учётом системных особенностей взаимодействия участников, уровня интеграции смежных звеньев технологической цепи, а также специфики агропромышленного производства.

На сегодняшний день методически проработанными направлениями являются: оценка рыночной стоимости, уровня конкурентоспособности, наличия синергетического эффекта функционирования, а также устойчивости интегрированного формирования с позиций финансового анализа. Слабое методическое обеспечение получили вопросы оценки эффективности функционирования объединений с учётом си-

стемных особенностей взаимодействия участников, уровня интеграции смежных звеньев технологической цепи, а также специфики агропромышленного производства.

По результатам проведенных исследований нами выявлены и систематизированы кри-

терии оценки эффективности функционирования интегрированных структур в АПК, наиболее полно отражающие многоаспектность производственно-экономических отношений между субъектами агропромышленного производства (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Классификация критериев оценки эффективности функционирования интегрированных структур в АПК

Наименование групп критериев	Общая характеристика
По возможности использования в отношении конкретной формы интеграции	
универсальные	используются для анализа эффективности всех форм интеграции
специальные	формируются исходя из целей каждой формы интеграции
По стадиям интеграционного процесса	
целесообразности интеграции	позволяют оценить возможность и успешность интеграции;
уровня интеграции	характеризуют воздействие фактора интеграции на изменение эффективности деятельности участников объединения
эффективности интеграции	характеризуют эффективность деятельности структуры
По видам эффективности интеграции	
техничко-технологические	отражают степень использования технических, земельных, трудовых и материальных ресурсов в производстве
организационно-экономические	отражают качество изменения ресурсов и результативность экономического механизма хозяйствования
социально-экономические	отражают степень достижения целей производства по обеспечению расширенного воспроизводства и реализацию экономических интересов;
эколого-экономические	отражают последствия хозяйствования для окружающей среды и эффективность мер по их минимизации;
По параметрам развития производственно-экономической системы	
оптимальности	дают возможность сопоставить различные варианты функционирования системы при заданных условиях и выбрать тождественный максимальной эффективности;
эффективности	позволяют оценить результативность совместной производственной деятельности;
устойчивости	позволяют охарактеризовать динамическое состояние системы, ее способность сохранять предельные параметры

Однако, достоверность и объективность аналитических выводов, их соответствие реальной действительности обусловлено не только выбранной концепцией исследований, системой критериев и показателей эффективности, но и используемым в процессе оценки аналитическим инструментарием.

Методика комплексной оценки эффективности функционирования интегрированных формирований в АПК

С учётом результатов проведенных исследований нами разработана методика комплексной оценки эффективности функционирования агропромышленных формирований. Её суть заключается в определении интегрального коэффициента эффективности на основе двух взаимодополняющих групп параметров: результативности, выраженных системой относительных показателей, и оптимальности, в качестве количественной характеристики которых использованы предельные величины. В качестве отличительных особенностей предложенной методики, определяющих её

научную новизну и практическую значимость, следует отметить:

- обеспечение возможности оценки эффективности использования существующих и дополнительно вовлекаемых в производство ресурсов;

- использование единой системы критериев и показателей оценки результативности и определения уровня оптимальности агропромышленного производства, выстроенной в соответствии с последовательностью стадий воспроизводственного процесса;

- универсальность расчетного механизма, используемого для анализа эффективности хозяйствования в звеньях производственной цепи (сельское хозяйство, переработка, торговля) и в целом интеграции.

Методика предполагает выполнение совокупности расчётных и аналитических операций, сгруппированных нами в рамках взаимосвязанных этапов (таблица 3).

Первый этап является подготовительным. Его назначение заключается в обеспечении

возможности определения сценария проведения аналитической работы в зависимости от целей оценки, подвергающихся анализу звеньев производственной цепи, объема имеющейся исходной информации. Ключевой операцией является выбор критериев и показателей эффективности. В качестве критериев оценки эффективности нами определены следующие: в обеспечивающей подсистеме - уровень финансирования; в ресурсной – наличие базовых и обеспечивающих ресурсов; в производственно-технологической – использование базовых и обеспечивающих ресурсов, продуктивность хозяйствования, уровень качества продукции и затрат на ее производство; в результативной – производственно-хозяйственная, финансово-экономическая результативность деятельности, уровень жизни работников.

Т а б л и ц а 3

Алгоритм оценки эффективности функционирования интегрированных структур в АПК

Этап анализа	Операция анализа
Этап 1 Сценарный	1.1 Формулировка цели и выбор анализа
	1.2 Выбор критериев и показателей эффективности (результативности оптимальности);
	1.3 Выбор аналитического инструментария и установление процедуры расчета
Этап 2 Коррекционный	2.1 Определение перечня исходных данных и уточнение системы аналитических показателей
Этап 3 Расчетный	3.1 Расчет единичных, частных и обобщающего показателей результативности
	3.2 Расчет единичных, частных и обобщающего показателей оптимальности
	3.3 Расчет интегральных параметров эффективности
Этап 4 Диагностический	4.1 Выбор уровня детализации анализа и формы представления полученных результатов
	4.2 Анализ эффективности функционирования агропромышленного формирования

В соответствии с приведенной системой критериев для каждой сферы нами определены показатели, учитывающие ее специфику: в сфере производства сельскохозяйственной продукции: обеспеченность собственным фуражным зерном, плотность поголовья КРС (свиней, пти-

цы), среднегодовая численность работников на 1000 га сельхозугодий, валовая продукция на 1000 га сельхозугодий, производительность труда, фондоотдача, урожайность зерновых (картофеля), удой молока на одну корову, среднесуточный привес КРС (свиней), окупаемость бюджетных средств, окупаемость затрат выручкой и пр.; в сфере переработки сельскохозяйственного сырья: обеспеченность переработки собственным сельхозсырьем, выход товарной продукции из одной тонны переработанного сырья, удельный вес сельхозсырья в структуре себестоимости, покрытие выручкой кредиторской задолженности, удельный вес фонда оплаты труда в выручке и пр.; в сфере реализации готового продовольствия: выручка от реализации продукции, в т.ч. сельскохозяйственной, на единицу торговых площадей, удельный вес экспортных поставок в общем объеме реализации, удельный вес реализации через собственную торговую сеть и пр.

Второй (коррекционный) этап обеспечивает возможность внесения корректив в систему единичных показателей в соответствии с целями анализа и объемом имеющихся данных. В случае подбора дополнительных параметров должны выполняться условия: увеличение показателя должно оказывать положительное влияние на эффективность хозяйствования; следует использовать относительные показатели.

На третьем (расчетном) этапе последовательно выполняются операции по определению коэффициентов результативности (единичных ($K_{ij}^{рез}$), частных ($K^{рез}_j$) и обобщающего ($K^{рез}$)) (этап 3.1) и оптимальности (единичных ($K_{ij}^{опт}$), частных ($K^{опт}_j$) и обобщающего ($K^{опт}$)) (этап 3.2), а также интегральных параметров (интегрального коэффициента ($K^{эф}$), отклонения оптимальности и результативности ($\Delta K^{эф}$)) (этап 3.3). Используемые формулы приведены в таблице 4.

При расчете коэффициентов результативности и оптимальности используются одинаковые показатели. Однако единичные коэффициенты результативности определяются путем соотношения фактических и базовых значений показателей; коэффициенты оптимальности - путем расчета предельных величин, т.е. соотношения абсолютных изменений результирующего и факторного параметров (числителя и знаменателя) относительных показателей. Четвертый этап – диагностический. Процедура экономической интерпретации расчетов состоит из следующих операций: Выбор уровня детализации анализа и формы представления полученных результатов.

Расчет интегральных параметров эффективности

Условия	Расчет параметров	
	Результативности (этап 3.1)	Оптимальности (этап 3.2)
1. Расчет единичных коэффициентов $K_{ij}^{рез}$ и $K_{ij}^{опт}$		
$\left(\frac{y_{ij}^1 - y_{ij}^0}{x_{ij}^1 - x_{ij}^0}\right) \geq 0$	$K_{ij}^{рез+} = 1 + \frac{\left(\frac{y_{ij}^1}{x_{ij}^1} - \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}\right)}{\left(\frac{y_{ij}^1}{x_{ij}^1} - \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}\right) + \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}}$	$K_{ij}^{онм+} = 1 + \frac{\left(\frac{y_{ij}^1}{x_{ij}^1} - \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}\right)}{\left(\frac{y_{ij}^1}{x_{ij}^1} - \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}\right) + \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}}$
$\left(\frac{y_{ij}^1 - y_{ij}^0}{x_{ij}^1 - x_{ij}^0}\right) < 0$	$K_{ij}^{рез-} = 1 + \frac{\left \frac{y_{ij}^1}{x_{ij}^1} - \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}\right }{\left \frac{y_{ij}^1}{x_{ij}^1} - \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}\right + \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}}$	$K_{ij}^{онм-} = 1 + \frac{\left \frac{y_{ij}^1}{x_{ij}^1} - \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}\right }{\left \frac{y_{ij}^1}{x_{ij}^1} - \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}\right + \frac{y_{ij}^0}{x_{ij}^0}}$
2. Расчет частных (подсистемных) коэффициентов $K_j^{рез}$ и $K_j^{онм}$		
-	$K_j^{рез} = \sqrt[n]{K_{1j}^{рез} \cdot \dots \cdot K_{ij}^{рез} \cdot \dots \cdot K_{nj}^{рез}}$	$K_j^{онм} = \sqrt[n]{K_{1j}^{онм} \cdot \dots \cdot K_{ij}^{онм} \cdot \dots \cdot K_{nj}^{онм}}$
3. Расчет обобщающих коэффициентов $K^{рез}$ и $K^{опт}$		
-	$K^{рез} = \sqrt[m]{K_1^{рез} \cdot \dots \cdot K_j^{рез} \cdot \dots \cdot K_m^{рез}}$	$K^{онм} = \sqrt[m]{K_1^{онм} \cdot \dots \cdot K_j^{онм} \cdot \dots \cdot K_m^{онм}}$
4. Расчет интегральных параметров эффективности $K^{эф}$ и $\Delta K^{эф}$ (этап 3.3)		
$K^{эф} = K^{рез} \times K^{онм}$	$\Delta K^{эф} = K^{онм} - K^{рез}$	$\Delta K^{эф} = K^{опт} - K^{рез}$

Использование разработанных приемов диагностики требует определения уровня детализации анализа результатов в соответствии с целью проводимой оценки (определение общего уровня эффективности, выявление резервов повышения эффективности и пр.). В рамках методики нами предложены четыре уровня детализации, каждому из которых соответствуют различные виды анализа: интегральный, зональный, интервальный и графический. Анализ эффективности функционирования формирования. Функциональные возможности диагностических приемов заключаются в следующем: интегральный анализ позволяет оценить общий

уровень эффективности функционирования агропромышленного формирования, в т.ч. его подсистем (сельхозпроизводство, переработка, торговля), и дать экономическую интерпретацию величинам с помощью разработанной нами шкалы (таблица 5).

В результате могут быть выявлены приоритетные направления развития объединения, в т.ч. необходимость оптимизации состава участников и пропорций технологической цепочки, разработки и реализации инновационных программ, освоение новых технологий, методов управления.

Т а б л и ц а 5

Экономическое содержание интегральных параметров

Экономическое содержание интегральных параметров		
Параметр	Изменение	Экономическое содержание
1	2	3
Крайняя нижняя граница интервала АЕ (точка А с координатой 0)		
$K^{рез}, K^{опт}, K^{эф}$	теоретически не возможно	-
Интервал принадлежности АВ (0;0,9)		
$K^{рез}$	снижается	резервы роста эффективности функционирования за счет дополнительного привлечения ресурсов истощаны;
$K^{опт}$		формирование превысило свои предельные размеры;
$K^{эф}$		развитие должно носить интенсивный характер;
Интервал принадлежности ВС [0,9;1)		
$K^{рез}, K^{опт}, K^{эф}$	буферная зона	погрешность отклонения параметра от 1, вызванного действием внешних неконтролируемых факторов;

1	2	3
Медиана интервала АЕ (точка Сс координатой 1)		
$K^{рез}$	не изменилась по отношению к базе расчета	резервы роста эффективности за счет дополнительного привлечения ресурсов отсутствуют;
$K^{опт}$		формирование достигло своих предельных размеров;
$K^{эф}$		развитие должно носить интенсивный характер;
Интервал принадлежности CD (1;1,1]		
$K^{без},$ $K^{опт},$ $K^{эф}$	буферная зона	погрешность отклонения параметра от 1, вызванного действием внешних неконтролируемых факторов;
Интервал принадлежности DE (1.1;2]		
$K^{рез}$	увеличивается	существуют резервы повышения эффективности за счет дополнительного привлечения ресурсов;
$K^{опт}$		интегрированное формирование не достигло своих предельных размеров и может расширяться;
$K^{эф}$		развитие может носить экстенсивный характер.

Зональный анализ проводится путем выявления на графической плоскости с осями "результативность-оптимальность" зоны размещения точки с координатами, соответствующими значениям аналогичных обобщающих коэффициентов. Характеристика зон (активного развития, стабилизации, деградации системы, оживления) приведена в специально разработанной интерпретационной матрице. По результатам анализа может быть описано состояние системы, выявлены условия и направления ее развития.

Интервальный анализ строится на сравнении значений обобщающих коэффициентов оптимальности и результативности путем определения их абсолютного отклонения друг от друга. Такой подход позволяет избежать возникновения кумулятивного эффекта, механизм

действия которого заключается в перекрытии низких значений одного показателей более высоким значением другого. По результатам оценки с использованием разработанной аналитической матрицы могут быть выявлены характер развития и динамика параметров в исследуемой подсистеме, установлены приемлемые в сложившихся условиях инструменты планирования хозяйственной деятельности.

Преимущества данного вида оценки: диагностике подвергаются частные коэффициенты, что позволяет углубить анализ до уровня стадий воспроизводственного процесса; обеспечивается возможность выявления «резервных» (в которых имеются источники повышения эффективности) и «критических» (в которых превышены предельные параметры) зон хозяйствования.

ЛИТЕРАТУРА

1 Богомолова, И.П., Стукало О.Г., Устюгова И.Е. Мониторинг современного состояния сырьевой базы мясной промышленности // Экономика и предпринимательство. 2013. №11 (40).

2 Богомолова И.П., Рукин Б.П., Нечаева С.Н., Шатохина Н.М. Повышение эффективности деятельности предприятий мукомольной промышленности на основе системы управления качеством продукции. Воронеж: Издательство «ИСТОКИ», 2007. 204 с.

3 Ковалев Е. Агропромышленный сектор России: новые возможности и старые проблемы // МЭМО. 2011. №3. С. 40-47.

4 Романенко Г. Вклад науки в реализацию государственных программ развития сельского хозяйства // Экономист. 2012. №4. С. 40-45.

5 Трушин Ю. Современный подход государства к развитию АПК // Экономист. 2011. №11. С. 87-90.

REFERENCES

1 Bogomolova I.P., Stukalo O.G., Ustiugova I.E. Monitoring of the current state of the resource base of the meat industry. Ekonomika i predprinimatel'stvo. [Economy and the entrepreneur], 2013, no. 11 (40). (In Russ.).

2 Bogomolova I.P., Rukin B.P., Neecheeva S.N., Shatokhina N.M. Povyshenie effektivnosti deiatel'nosti predpriatii mukomol'noi promyshlennosti na osnove sistemy upravleniia kachestvom produktov [Increasing efficiency of enterprises cystic mole industry based on quality management system]. Voronezh, Istoki, 2007. 204 p. (In Russ.).

3 Kovalev E The agribusiness sector in Russia: new opportunities and old problems. MEMO. [WEIR], 2011, no. 3, pp. 40-47. (In Russ.).

4 Romanenko G. Contribution of science in the implementation of the following state programmes of agricultural development. Ekonomist. [Economist], 2012, no. 4, pp. 40-45. (In Russ.).

5 Trushin Iu. Modern approach of the state to the development of agro-industrial complex. Ekonomist. [Economist], 2011, no. 11, pp. 87-90. (In Russ.).

УДК 69.003:658.15(2):725.3

Зав. кафедрой В.В. Гасилов,
доцент М.А. Карпович
(Воронежский государственный архитектурно-строительный университет)
кафедра экономики и основ предпринимательства. тел. (473) 271-54-00
E-mail: v_gasilov@mail.ru

Head of the department V.V. Gasilov,
associate Professor M.A. Karpovich
(Voronezh state university of architecture and civil engineering)
Department of economy and the basics of entrepreneurship. phone (473) 271-54-00
E-mail: v_gasilov@mail.ru

Количественная оценка инвестиционного проекта создания или реконструкции объекта транспортной инфраструктуры

Quantitative assessment of the investment project creation or renovation transport infrastructure

Реферат. В статье предложена методика определения количественной оценки инвестиционного проекта создания или реконструкции объекта транспортной инфраструктуры, учитывающая влияние как транспортного, так и внедорожного эффекта. К числу наиболее значимых социально-экономических результатов модернизации и развития сети автомобильных дорог федерального и регионального значения относятся: повышение уровня и улучшение и улучшение социальных условий жизни населения; активизация экономической деятельности; снижение транспортной составляющей в цене товаров и услуг; сокращение негативного влияния транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду. Моделирование токсических выбросов загрязнителей для транспортного потока позволяет оптимизировать состав дорожного движения при реконструкции действующих инфраструктурных объектов по критерию минимизации экологического ущерба. Кинематическая модель движения транспортного потока, позволяющая выразить параметры токсического загрязнения окружающей среды через непосредственно наблюдаемые величины, основана на концепции клеточных автоматов, дополненной параметрами, регламентирующими организацию дорожного движения. Необходимо определить параметры движения так, чтобы средняя скорость потока находилась в оптимальном интервале (60 – 90) км/час. Оптимизация столь многокритериальной задачи требует сбора и анализа обширной и разнородной информации следующих видов: топографической, демографической, социальной, экономической, экологической, транспортной. Как следует из результатов расчетов, дозы всех видов токсического воздействия, приходящихся на единицу длины дороги, значительно возрастают при падении средней скорости транспортного потока. Таким образом, моделирование токсических выбросов транспортного потока позволяет, с одной стороны, оптимизировать дорожное движение при сложившейся инфраструктуре и, с другой стороны, оптимизировать проекты строительства и реконструкции инфраструктурных объектов.

Summary. The paper proposes a method of determining the quantitative assessment of the investment project of reconstruction of the facility or transport infrastructure, taking into account the impact on both the vehicle and non-transport effect. Among the most significant socio- economic benefits of modernization and development of the road network of the federal and regional significance include: improving and improving and improving the social conditions of the population , increased economic activity , reduction of transport costs in the price of goods and services, reducing the negative impact of transport and road complex environment. Modelling of toxic pollutant emissions for the transport stream to optimize road to reconstruct existing infrastructure by minimizing environmental damage. Kinematic model of traffic flow, which allows to express the parameters of toxic pollution through directly observable quantities, based on the concept of cellular automata , augmented parameters governing the organization of traffic. Necessary to determine the parameters of motion so that the average flow rate was in the optimal range (60 - 90) km / h. Multicriteria optimization problem so requires collecting and analyzing vast and diverse information of the following types: topographic, demographic, social, economic, environmental, transport. As follows from the calculations, the doses of all types of toxic effects, per unit length of the road, increase significantly in the fall an average speed of traffic flow. Thus, modeling of toxic emissions transport stream allows one hand to optimize the traffic in the existing infrastructure and, on the other hand, to optimize the construction and reconstruction of infrastructure.

Ключевые слова: инвестиционный проект, оптимизация транспортного потока, минимизация выбросов автотранспорта.

Keywords: investment project, the optimization of the traffic flow, minimizing vehicle emissions.

© Гасилов В.В., Карпович М.А., 2014

Транспорт наряду с другими инфраструктурными отраслями обеспечивает базовые условия жизнедеятельности общества, являясь важным инструментом достижения социальных, экономических и внешнеполитических целей. Устойчивое развитие транспорта является гарантией единства экономического пространства, свободного перемещения товаров и услуг, конкуренции и свободы экономической деятельности, обеспечения целостности России и ее национальной безопасности, улучшения условий и уровня жизни населения.

Как известно, государственные институты, при формулировке требований к общественному товару (в частности - объектам инфраструктуры), сопоставляют предельные общественные выгоды, лежащие в основе коллективного спроса на него, и предельные общественные издержки, лежащие в основе предложения общественных благ. При этом, как выгоды, так и издержки имеют весьма разнообразные (социально-экономические, экологические и др.) формы. Как указано в работе [1], существующая методика [2] оценки эффективности инвестиционных проектов, претендующих на получение господдержки, не предусматривает количественную оценку эффективности реализации проекта для государства. Однако, в действующей методике расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов [2] отсутствует возможность прозрачной конкурентной борьбы по критерию «Бюджетная эффективность инвестиционного проекта» среди проектов и частных инвесторов-инициаторов за бюджетные средства. В ней не учтены, например, бюджетные затраты на лечение, соцобеспечение и реабилитацию населения, проживающего в зоне токсического и шумового загрязнения окружающей среды транспортным потоком.

Оценка соответствия регионального инвестиционного проекта стратегии социально-экономического развития субъекта Российской Федерации осуществляется на основе оценки положительных социальных эффектов, связанных с реализацией регионального инвестиционного проекта. При этом в существующих методиках не конкретизируются методы количественной оценки эффективности реализации проекта для государства. Такой односторонний и субъективный подход не позволяет осуществить комплексную оптимизацию проекта. В противоположность столь одностороннему подходу программа развития транспорта предполагает мно-

гофакторную оценку социально-экономической и экологической эффективности.

Оценивается транспортный эффект, отражающий прямые выгоды для лиц, пользующихся автомобильными дорогами, получаемые в результате улучшения дорожных условий. Этот эффект учитывает экономию затрат на эксплуатацию транспортных средств, сокращение времени нахождения в пути, повышение эффективности использования транспортных средств, снижение риска дорожно-транспортных происшествий и повышение комфортности движения и удобств в пути следования. Транспортный эффект в стоимостном выражении определяется, исходя из изменения показателей себестоимости перевозок, экономических потерь от дорожно-транспортных происшествий, а также стоимостной оценки экономии времени поездки и ресурсов за счет ускорения оборачиваемости автомобилей.

Внетранспортный эффект определяется на основе оценки влияния совершенствования и развития сети автомобильных дорог федерального и регионального (межмуниципального) значения на социально-экономическое развитие страны и экологическую обстановку. К числу наиболее значимых социально-экономических результатов модернизации и развития сети автомобильных дорог федерального и регионального (межмуниципального) значения относятся:

- повышение уровня и улучшение социальных условий жизни населения;
- активизация экономической деятельности, содействие освоению новых территорий и ресурсов, расширение рынков сбыта продукции;
- снижение транспортной составляющей в цене товаров и услуг;
- улучшение транспортного обслуживания сельского хозяйства и населения, проживающего в сельской местности, за счет строительства подъездов к сельским населенным пунктам по дорогам с твердым покрытием;
- создание новых рабочих мест;
- сокращение негативного влияния транспортно-дорожного комплекса на окружающую среду.

Оптимизация столь многокритериальной задачи требует сбора и анализа обширной и разнородной информации следующих видов: топографической, демографической, социальной, экономической, экологической, транспортной.

Рассмотрим вначале негативные влияния автотранспортного потока на окружающую среду. Особую актуальность эта задача приобретает в соответствии с подпрограммой "Авто-

мобильные дороги" федеральной целевой программы "Развитие транспортной системы России (2010 - 2015 годы)". В ней указано, что для достижения цели по повышению комплексной безопасности и устойчивости транспортной системы в области автомобильных дорог необходимо решить задачи, связанные с повышением надежности и безопасности движения на автомобильных дорогах федерального значения, а также обеспечением устойчивого функционирования дорожной сети и транспортной безопасности дорожного хозяйства. Это позволит также сократить вредное воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и в целом обеспечить устойчивость функционирования транспортной инфраструктуры.

В значительной мере негативные влияния автотранспортного потока определяется токсическим загрязнением окружающей среды. Как показано в работе [3], токсическое загрязнение окружающей среды транспортными средствами определяется следующими факторами:

1. Типом двигателя.
2. Используемым топливом.
3. Режимом работы.

Резкая зависимость состава и мощности токсического выброса от режима работы двигателя требует для описания воздействия транспортного потока на окружающую среду определения кинематическую модели его движения. Кинематике транспортных потоков посвящена обширная литература [4, 5]. Однако все современные модели либо дают лишь качественное описание реальной кинематики движения, либо требуют для своей реализации значительных, в большинстве случаев недоступного, объема информации в режиме реального времени. Свободный от этих недостатков алгоритм может быть основан на концепции клеточных автоматов фон-Неймана [6].

Сформулируем кинематическую модель движения транспортного потока, позволяющую выразить параметры токсического загрязнения окружающей среды через непосредственно наблюдаемые величины. Данная модель основана на концепции клеточных автоматов, дополненной следующими положениями:

1. Движение транспортного средства на всех этапах является равнопеременным.
2. В пределах населенных пунктов транспортный поток является плотным.
3. Скорости и ускорения всех транспортных средств плотного потока определяются характеристиками наименее динамичных участников.

4. За пределами населенных пунктов средние кинематические характеристики движения отдельных участников определяются только их техническими характеристиками.

5. Все участники движения соблюдают ПДД и, в частности скоростные режимы и дистанции.

В рамках этих предположений зависимость пути S_i , пройденного отдельным i -тым участником движения, от времени t дается уравнением:

$$S_i = \frac{n}{2} \left(a_{i,раз} t_{i,раз}^2 + a_{i,тор} t_{i,тор}^2 \right) + V t_{равн} \quad (1)$$

Здесь индексы *раз*, *тор*, *равн* описывают разгон, торможение и равномерное движение соответственно; n – число остановок на пути S_i ; a – ускорения соответствующих процессов. С другой стороны, средняя скорость движения i -го участника движения определяется уравнением:

$$V_{i,ср} = \frac{S_i}{t_{равн} + n(t_{i,0} + t_{i,раз} + t_{i,тор})} \quad (2)$$

Здесь $t_{i,0}$ – время остановки. Кроме того учтем, что:

$$V_i = a_{i,раз} t_{i,раз} = a_{i,тор} t_{i,тор} \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1) – (3) можно определить суммарные времена разгона (то есть работы двигателя с полной нагрузкой), торможения (работы двигателя на принудительном холостом ходу), остановки (работы двигателя на холостом ходу), равномерного движения (работы двигателя со средней нагрузкой). Именно эти характеристики движения в соответствии с данными работы [3] определяют состав и интенсивность токсического загрязнения.

Зависимости скорости транспортных средств от времени приведены на рисунке 1. Результаты расчетов средних (на одно транспортное средство) величин токсических выбросов при данном составе транспортного потока при различных средних скоростях движения приведены в таблице 1.

Таким образом, как следует из результатов расчетов, дозы всех видов токсического воздействия, приходящихся на единицу длины дороги, значительно возрастают при падении средней скорости транспортного потока. Этот вывод наглядно иллюстрирует также рисунок 1, на котором приведены зависимости токсической дозы оксида углерода, приходящихся

на 1 км от средней скорости потока. Рост загрязнения при малых скоростях определяется увеличением доли времени работы двигателей в неэффективных режимах. Хотя, формально токсические выбросы в единицу времени падают при средней скорости потока меньшей 32 км/час, однако загрязнение окружающей среды при этом растет вследствие концентрации выбросов в уменьшающихся областях автодороги. Как видно из таблицы 1 токсиче-

ское загрязнение на 1 км быстро (практически экспоненциально) растет при уменьшении средней скорости транспортного потока ниже 30 км/ч. Причина этого эффекта определяется значительной долей времени работы двигателей в неэффективных режимах - холостого хода и принудительного холостого хода. Кроме того, вследствие малых скоростей движения токсические выбросы концентрируются в этом случае в малых областях пространства.

Т а б л и ц а 1

Выбросы загрязняющих веществ в зависимости от средней скорости транспортного потока

Средняя Скорость (км/час)		Оксид Углерода(г)	Несгоревшие Углеводороды (г)	Оксиды азота (г)	Тяжелые металлы (г)	Суммарный токсический выброс (м ³)	Средний расход топлива (кг)
1	2	3	4	5	6	7	8
10	В час	988	41.1	47.6	1.85	40.2	5.79
	На 1км	98.8	4.11	4.76	0.185	4.02	0.579
20	В час	866	33.0	38.95	1.56	30.6	3.815
	На 1км	43.3	1.65	1.97	0.079	1.53	0.19
30	В час	819	27.9	31.5	1.05	27.42	2.61
	На 1км	23,7	0,93	1,05	0,035	0,914	0,087
40	В час	784	34.8	33.2	1.00	30.88	2.84
	На 1км	19.6	0.87	0.83	0.025	0.772	0,071
50	В час	935	41.4	38.5	0.85	35.25	3.45
	На 1км	18.7	0.83	0.77	0.017	0.705	0,069
60	В час	1038	49.2	42.6	0.84	41.0	4.08
	На 1км	17.3	0.82	0.71	0.014	0.684	0,068
70	В час	1183	57.4	46.9	0.91	47.11	4.76
	На 1км	16.9	0.82	0.67	0.013	0.673	0,068
80	В час	1320	65.6	54.4	1.04	53.52	5.52
	На 1км	16.5	0.82	0.68	0.013	0.669	0,069
90	В час	1467	72.9	61.2	1.08	60.0	6.57
	На 1км	16.3	0.81	0.68	0.012	0.667	0,073

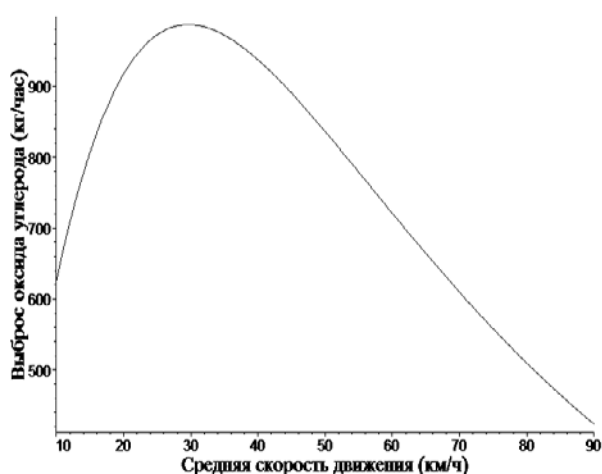


Рисунок 1. Зависимость выброса оксида углерода одним транспортным средством от средней скорости потока

При увеличении средней скорости потока выше 60 км/час концентрация токсических выбросов изменяется лишь незначительно – менее чем на 6% вплоть до разрешенного ПДД максимума скорости. Поэтому необходимо определить параметры движения так, чтобы средняя скорость потока находилась в оптимальном интервале (60 – 90) км/час. Таким образом, моделирование токсических выбросов транспортного потока позволяет оптимизировать дорожное движение при сложившейся инфраструктуре или оптимизировать состав транспортного потока в проектах строительства новых инфраструктурных объектов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Максимов В.В., Государственно-частное партнерство в транспортной инфраструктуре. Критерии оценки концессионных конкурсов. М.: Паблшер, 2010. 148 с.
- 2 Методика расчета показателей и применения критериев эффективности региональных инвестиционных проектов (утв. приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 31 июля 2008 г. №117).
- 3 Бочаров В.Л., Спиридонов Е.Г. Экологические и медикобиологические аспекты загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом // Экологический вестник Черноземья. 2000. № 9. С. 33–41.
- 4 Lighthill M.J., Whitham F.R.S. On kinetic waves II. A theory of traffic flow on crowded roads. Proc. of the Royal Society Ser. 3.
- 5 Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. М.: Мир, 1966. 286 p.
- 6 Cremer M., Ludwig J. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations. Math. Comp. Simul, 1986, vol. 28, pp. 297-303.

REFERENCES

- 1 Maksimov V.V. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v transportnoi infrastrukture. Kriterii otsenki kontsessionnykh konkursov [Public-private partnerships in the transport infrastructure . Evaluation criteria concession tenders], Moscow, Pablisner, 2010. 148 p. (In Russ.).
- 2 Metodika rascheta pokazatelei i primeneniia kriteriev effektivnostiinvestitsionnykh proektov [Method of calculation of the performance criteria and the application of regional investment projects (approved by Order of the Ministry of Regional Development of the Russian Federation of July 31, 2008 № 117)]. (In Russ.).
- 3 Bocharov V.L., Spiridonov E.G. Environmental and medicobiological aspects of air pollution by road. *Ekologicheskii vestnik Chernozem'ia*. [Ecological Bulletin of Chernozem], 2000, no. 9, pp. 33-41. (In Russ.).
- 4 Lighthill M.J., Whitham F.R.S. On kinetic waves II. A theory of traffic flow on crowded roads. Proc. of the Royal Society Ser. 3.
- 5 Haight F. Matematicheskaia teoriia transportnykh potokov [Mathematical theory of traffic flow]. Moscow, Mir, 1966. 286 p. (In Russ.).
- 6 Cremer M., Ludwig J. A fast simulation model for traffic flow on the basis of Boolean operations. Math. Comp. Simul, 1986, vol. 28, pp. 297-303.

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 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. *Ekspluatatsiia 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 raskhoda 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 arisen, 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 elektrokhimii. [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. *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.).

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 zhidkosti i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroystv [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.