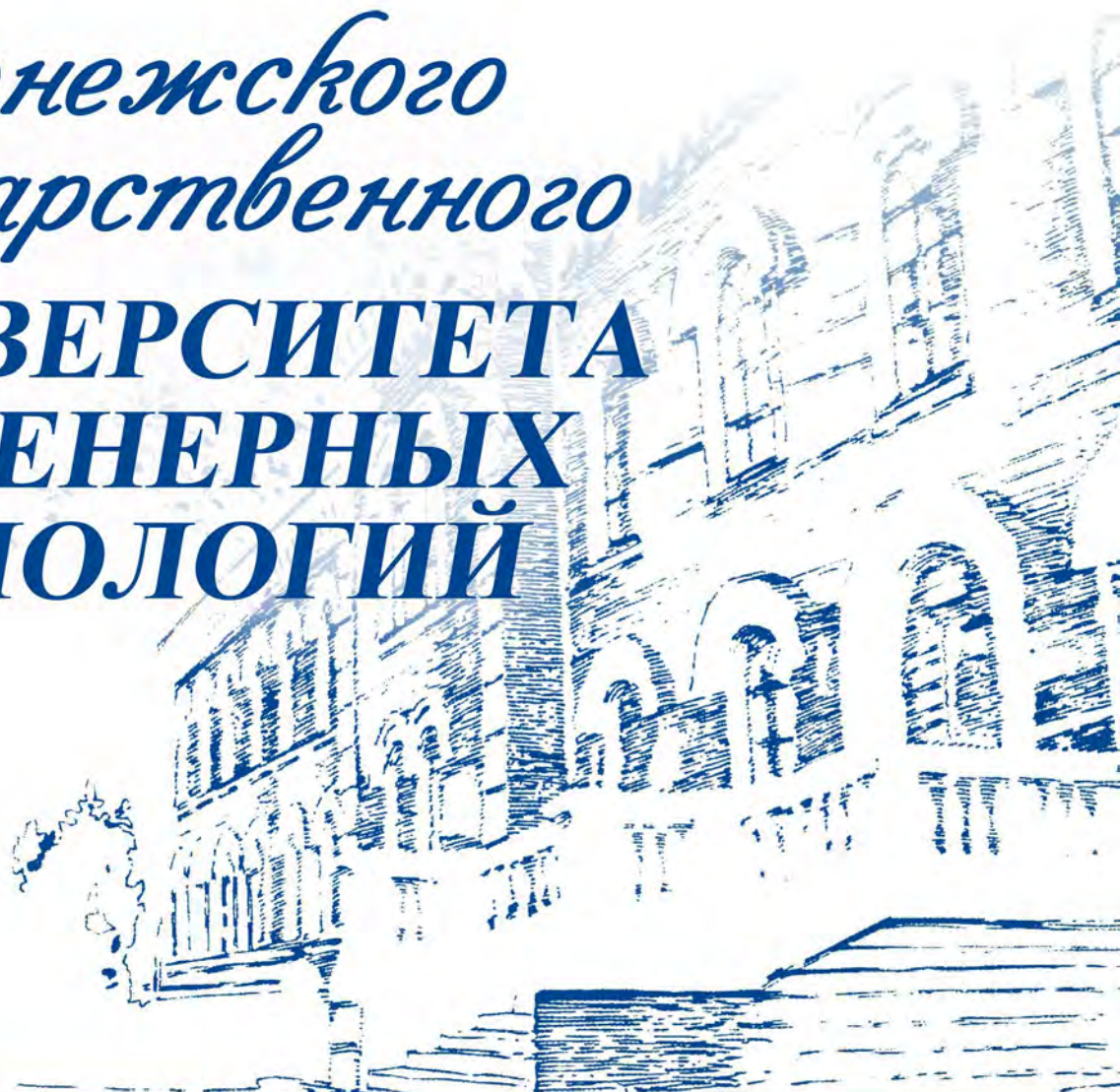


ISSN 2226-910X

Вестник

*Воронежского
государственного*

**УНИВЕРСИТЕТА
ИНЖЕНЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**



2014

№

2

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, № 2 (60)

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)
ХИЦКОВ 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., 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

Подписной индекс издания в агентстве "Роспечать" 70927

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

Учредитель: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

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

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

Сдано в набор 14.05.2014. Подписано в печать 30.05.2014.
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 27,6 Тираж 1500 экз. Заказ. С. – 221.
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 process of black currant berries drying in vacuum device with the microwave power supply
Ostrikov A.N., Shevtsov S.A. Calculation and design of tape dryers with active hydrodynamic regime

Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Tatarenkov E.A., Moshkina S.V. The analysis of kinetic regularities of the process pressing rape seeds by hot pressing

Kochanov D.S. Influence of grain debris on the micronization process

Shishatskii Yu.I., Plukha S.Iu., Ivanov S.S. Determination of diffusion coefficients of extractives in lupine

Kutsakova V.E., Shkotova T.V., Efimova S.V., Frolov S.V. Calculation of the heat treatment and freezing of bakery products with filling

Iashchenko S.M., Poimanov V.V., Konstantinov V.E. The use of modern facilities for freezing wax substances

Kusova I.U., Dubtsov G.G., Bystrov D.I. Influence of the freezing process on national quality flour products (Ossetian pies)

INFORMATION TECHNOLOGIES, MODELLING AND CONTROL

Blagoveshchenskaya M.M., Semina N.A., Blagoveshchensky I.G., Savostin S.D. Using a digital video camera as the smart sensor of the system for automatic process control of granular fodder molding

Kolodezhnov V.N. Mathematical model of the rheological behavior of viscoplastic fluid, which demonstrates the effect of "solidification"

Bugaev Iu.V., Chikunov S.V., Smorodinova N.A. Models of multicriterial step by step choice decisions, their use in the sugar industry

Golodenko B.A., Golodenko A.B. Amorphous silicon electronic structure modeling and basic electro-physical parameters calculation

Chertov E.D., Vasechkin M.A., Nosov O.A., Vardanian G.R. Contactless method of formation of transporting constructions elements consisting of organic-mineral composite materials

Bugaev Iu.V., Medvedkova I.E., Babaian M.K. Methods of test for transitivity of individual expert preferences

Blagoveshchenskaia M.M., Davydova G.R., Semina N.A., Blagoveshchenskii I.G. Use of intellectual technologies for quality control of curd

L'vovich Ia.E., Iakovlev D.S. Optimizing the design of the systems of information protection in automated informational systems of industrial enterprises

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Антипов С.Т., Казарцев Д.А., Журавлев А.В., Виниченко С.А. Решение математической модели процесса сушки плодов черной смородины в вакуум-аппарате с СВЧ-энергоснабжением

Остриков А.Н., Шевцов С.А. Расчет и проектирование ленточных сушилок с активным гидродинамическим режимом

Василенко В.Н., Копылов М.В., Татаренков Е.А., Мошкина С.В. Анализ кинетических закономерностей процесса прессования семян рапса методом горячего прессования

Кочанов Д.С. Влияние засоренности зерна на процесс микронизации

Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю., Иванов С.С. Определение коэффициентов диффузии экстрактивных веществ в люпине

Куцакова В.Е., Шкотова Т.В., Ефимова С.В., Фролов С.В. Расчет продолжительности термообработки и замораживания хлебобулочных изделий с начинкой

Ященко С.М., Пойманов В.В., Константинов В.Е. Использование современных установок для вымораживания восковых веществ

Кусова И.У., Дубцов Г.Г., Быстров Д.И. Влияние процесса замораживания на качество мучных национальных изделий (осетинские пироги)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

Благовещенская М.М., Семина Н.А., Благовещенский И.Г., Савостин С.Д. Использование цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика системы автоматического регулирования процесса формирования гранулированных комбикормов

Колодежнов В.Н. Математическая модель реологического поведения вязкопластической жидкости, которая демонстрирует проявление эффекта "отвердевания"

Бугаев Ю.В., Чикун С.В., Смородинова Н.А. Модели многокритериального поэтапного выбора решений, их использование в сахарной промышленности

Голоденко Б.А., Голоденко А.Б. Моделирование электронной структуры и расчёт основных электрофизических параметров аморфного кремния

Чертов Е.Д., Васечкин М.А., Носов О.А., Варданян Г.Р. Бесконтактный метод формирования элементов транспортных сооружений из органоминеральных композиционных материалов

Бугаев Ю.В., Медведкова И.Е., Бабаян М.К. Методы проверки транзитивности индивидуальных экспертных предпочтений

Благовещенская М.М., Давыдова Г.Р., Семина Н.А., Благовещенский И.Г. Использование интеллектуальных технологий для контроля качества творога

Львович Я.Е., Яковлев Д.С. Оптимизация проектирования систем защиты информации в автоматизированных информационных системах промышленных предприятий

FOOD BIOTECHNOLOGY

- Antipova L.V., Voronkova Iu.V.** Food fibers of the domestic production for the meat-processing industry 95
- Magomedov G.O., Zhuravlev A.A., Sheviakova T.A., Sedyh D.V.** Use of function of Harrington for optimization of prescription structure bars like a praline 99
- Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Gubanova A.A., Savel'eva E.V.** Melted butter technology development 104
- Magomedov G.O., Lobosova L.A., Magomedov M.G., Barsukova I.G.** Souffle with reduced amount of sugar 108
- Kolomnikova Ia.P., Tefikova S.N., Pashchenko V.L.** New technologies of the flour culinary products with improved nutrition value for catering establishments 112
- Dubova G.E., Bezysov A.T.** Theory development of enzymatic aroma recovery 119
- Nepovinnikh N.V.** Development of technological solutions for the beverage industry preventive orientation 124

FUNDAMENTAL AND APPLIED CHEMISTRY, CHEMICAL TECHNOLOGY

- Beliaev P.S., Malikov O.G., Merkulov S.A., Frolov V.A.** Solution to the problem waste rubber products by modifying the road binders 129
- Niftaliev S.I., Lygina L.V., Peregudov Iu.S., Prokof'eva L.A.** Investigation rheological properties of PVC-based 132
- Kuchmenko T.A., Drozdova E.V., Naidysh A.Iu.** Rapid way to assess the safety of products from phenol-formaldehyde plastics 135
- Kolnogorov K.P., Volobuev V.S., Karmanova O.V.** Ways to obtain amides containing salts 3d-metals based on tall oil rosin and studying their influence on the properties of the system "rubber - brass metal cord" 142
- Skachkov A.M., Karmanova O.V., Tihomirov S.G.** Study of the properties of the polymer compositions using the modified latex coagulum 148

BIOTECHNOLOGY, BIONANOTECHNOLOGY AND SUGAR PRODUCTS TECHNOLOGY

- Golybin V.A., Fedoruk V.A., Gorokhov A.N., Podporinova G.K.** Influence of various factors on the thermal decomposition of alkaline-reducing substances 153
- Magomedov M.G., Lobosova L.A., Derkanosova A.A.** The production of concentrated sugar beet juice and perspectives of its use 158

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

- Антипова Л.В., Воронкова Ю.В.** Пищевые волокна отечественного производства для мясоперерабатывающей промышленности
- Магомедов Г.О., Журавлев А.А., Шевякова Т.А., Седых Д.В.** Использование функции Харрингтона для оптимизации рецептурного состава батончиков типа пралине
- Голубева Л.В., Долматова О.И., Губанова А.А., Савельева Е.В.** Разработка технологии топленого масла
- Магомедов Г.О., Лобосова Л.А., Магомедов М.Г., Барсукова И.Г.** Суфле пониженной сахароемкости
- Коломникова Я.П., Тефикова С.Н., Пашченко В.Л.** Новые технологии мучных кулинарных изделий улучшенной пищевой ценности для предприятий общественного питания
- Дубова Г.Е., Безусов А.Т.** Развитие ферментативной теории восстановления аромата
- Неповинных Н.В.** Разработка технологических решений при производстве напитков профилактической направленности

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

- Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А., Фролов В.А.** Решение проблемы утилизации отходов резинотехнических изделий путем модификации дорожных вяжущих
- Нифталиев С.И., Лыгина Л.В., Перегудов Ю.С., Прокофьева Л.А.** Исследование реологических свойств композиций на основе ПВХ
- Кучменко Т.А., Дроздова Е.В., Найдыш А.Ю.** Экспрессный способ оценки безопасности изделий из фенолформальдегидных пластмасс
- Колногоров К.П., Волобуев В.С., Карманова О.В.** Пути получения амидосодержащих солей 3d-металлов на основе талловой канифоли и исследование их влияния на свойства системы «резина-латунированный металлокорд»
- Скачков А.М., Карманова О.В., Тихомиров С.Г.** Изучение свойств полимерных композиций с использованием модифицированного латексного коагулята

БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОНАНОТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ САХАРИСТЫХ ПРОДУКТОВ

- Голыбин В.А., Федорук В.А., Горохов А.Н., Подпоринова Г.К.** Влияние различных факторов на щелочно-термическое разложение редуцирующих веществ
- Магомедов М.Г., Лобосова Л.А., Дерканосова А.А.** Получение концентрированного сока сахарной свеклы и перспективы его использования

ECONOMICS AND MANAGEMENT

Khorev A.I., Artemenko V.B. Theoretical and practical aspects of exploration the innovative active organizations' potential of a balanced development

Voronin V.P., Podmolodina I.M., Aksenov E.M., Petrenko Iu.I. Methodological approaches to the analysis of economic security market environment

Bogomolova I.P., Belimova E.A. Directions and mechanisms of state regulation of the production of functional bakery products

Gasilov V.V., Borisov A.N., Provotorov I.A., Sysoev D.E. Innovative mechanism for rental housing in the region (Voronezh region)

Ovchinnikova T.I., Markov A.V., Kobeleva S.V. Mechanism for increasing the incomes of workers due to the development of innovation

Avtsinov O.I. Factors determining the investment attractiveness of the region

Filimonova E.G., Lenkovets O.M. The relationship of human capital and taxation system in the context of sustainable development

Serebriakova N.A., Kolesnikova E.S., Enric Sejdini Modeling of the basic parameters of economic stability (by the example of JSC Bogucharmoloko")

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

164 Хорев А.И., Артеменко В.Б. Теоретические и практические аспекты исследования потенциала сбалансированного развития инновационно-активных организаций

172 Воронин В.П., Подмолодина И.М., Аксенова Е.С., Петренко Ю.И. Методологические подходы к анализу экономической безопасности рыночной среды

177 Богомолова И.П., Белимова Е.А. Направления и механизмы государственного регулирования производства функциональных хлебопродуктов

184 Гасилов В.В., Борисов А.Н., Провоторов И.А., Сысоев Д.Э. Инновационный механизм строительства арендного жилья в регионе (на примере Воронежской области)

189 Овчинникова Т.И., Марков А.В., Кобелева С.В. Механизм повышения доходов работников за счет развития инноваций

195 Авцинов О.И. Факторы, определяющие инвестиционную привлекательность региона

200 Филимонова Е.Г., Ленковец О.М. Взаимосвязь человеческого капитала и системы налогообложения в разрезе устойчивого развития

207 Серебрякова Н.А., Колесникова Э.С., Энрик-Сейдиннай Моделирование основных параметров экономической устойчивости (на примере ОАО «Богучармолоко»)

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, graduate S.A. Vinichenko
(Voronezh state university of engineering technology) Department of machines and
apparatuses of food production.
Tel.: (473) 255-38-96
E-mail: vini-46@yandex.ru

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

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

Реферат. Математическая модель позволила воспроизвести и изучить на качественном уровне изменение формы плодов и структуры слоя плодов в процессе сушки. Отдельный плод в процессе сушки постепенно теряет упругость, уменьшается в объеме, кожура собирается в складки, появляются внутренние пустоты. Слой плодов в процессе сушки уменьшается в толщине, контактирующие плоды прочно связываются между собой за счет возникновения согласованных складок кожуры, слой уплотняется за счет проникновения потерявших упругость плодов в пустоты между плодами. Модель с высокой детализацией описывает процесс сушки плодов черной смородины, поэтому имеет большое число параметров, доступных к изменению. Среди них выбраны три наиболее важных технологических параметра, влияющих на производительность и качество сушки: мощность СВЧ-излучения P , толщина слоя плодов h , давление окружающей среды p . Из выходных показателей модели наиболее важными являются три функции от времени: зависимость средней влажности слоя от времени $W_{cp}(t)$, зависимость скорости изменения средней влажности от времени $dW_{cp}(t)/dt$, зависимость средней температуры слоя от времени $T_{cp}(t)$. По общепринятой классификации моделей предлагаемая модель является алгоритмической, но не аналитической. Это означает, что выходные характеристики модели рассчитываются по входным не путем аналитических преобразований (это в принципе не возможно для моделируемого процесса), а с помощью пространственной и временной дискретизации и соответствующего алгоритма расчета. Детальное исследование процесса СВЧ-сушки с помощью модели позволяет выделить следующие его стадии: быстрый нагрев, быстрое обезвоживание, замедленное обезвоживание, уплотнение слоя продукта, окончательное высушивание, разогрев после обезвоживания.

Summary. The mathematical model allowed to reproduce and study at qualitative level the change of berries form and the structure of the berries layer in the course of drying. The separate berry in the course of drying loses gradually its elasticity, decreases in volume, the peel gathers in folds, there appear internal emptiness. In the course of drying the berries layer decreases in thickness, contacting berries stick strongly with each other due to the coordinated folds of peel appearing, the layer is condensed due to penetration of the berries which have lost elasticity into emptiness between them. The model with high specification describes black currant drying process and therefore has a large number of the parameters available to change. Among them three most important technological parameters, influencing productivity and the drying quality are chosen: the power of microwave radiation P , thickness of the berries layer h , environmental pressure p . From output indicators of the model the most important are three functions from time: dependence of average humidity of the layer on time $W_{cp}(t)$, dependence of the speed of change of average humidity on time $dW_{cp}(t)/dt$, dependence of the layer average temperature on time $T_{cp}(t)$. On the standard models classification the offered model is algorithmic, but not analytical. It means that output characteristics of model are calculated with the entrance ones, not by analytical transformations (it is impossible principally for the modeled process), but by means of spatial and temporary sampling and the corresponding calculation algorithm. Detailed research of the microwave drying process by means of the model allows to allocate the following stages: fast heating, the fast dehydration, the slowed-down dehydration, consolidation of a layer of a product, final drying, heating after dehydration.

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

Разработанная модель с высокой детализацией описывает процесс сушки плодов черной смородины, поэтому имеет большое число параметров, доступных к изменению. Среди них выбраны три наиболее важных технологических параметра, влияющих на производительность и качество сушки:

- мощность СВЧ-излучения P ;
- толщина слоя плодов h ;
- давление окружающей среды p .

Из выходных показателей модели наиболее важными являются три функции от времени:

- зависимость средней влажности слоя от времени $W_{cp}(t)$;
- зависимость скорости изменения средней влажности от времени $dW_{cp}(t)/dt$;
- зависимость средней температуры слоя от времени $T_{cp}(t)$.

Расчет перечисленных функций производится по формулам:

$$W_{cp}(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N_3} W_i^{t/\Delta t}}{N_3}, \quad (1)$$

$$\frac{dW_{cp}(t)}{dt} = \frac{\sum_{i=1}^{N_3} W_i^{t/\Delta t} - \sum_{i=1}^{N_3} W_i^{t/\Delta t - 1}}{N_3 \Delta t}, \quad (2)$$

$$T_{cp}(t) = \frac{\sum_{i=1}^{N_3} T_i^{t/\Delta t}}{N_3}. \quad (3)$$

Выбранные функции дают исчерпывающую информацию о кинетике процесса сушки. Также, из данных функций можно получить три числовые оценки, характеризующие кинетику процесса и позволяющие количественно сравнивать между собой различные варианты сушки:

- длительность сушки $t_{10\%}$ – интервал времени, в течение которого средняя влажность слоя уменьшается до приемлемой величины 10 %, $t_{10\%} = t(W_{cp} = 10\%)$;
- максимальная скорость сушки $(dW_{cp}/dt)_{\max}$;
- максимальная температура слоя $T_{cp \cdot \max}$.

Взаимосвязь между входными параметрами модели и ее выходными характеристиками схематично показана на рисунке 1.



Рисунок 1. Постановка задачи на теоретическое исследование

Исходя из предложенной схемы (рисунок 1), в процессе теоретического исследования необходимо добиться решения следующей оптимизационной задачи [1–3]:

$$\begin{cases} t_{10\%}(P, h, p) \rightarrow \min; \\ (dW_{cp}/dt)_{\max}(P, h, p) \rightarrow \max; \\ T_{cp \cdot \max}(P, h, p) \rightarrow \min. \end{cases} \quad (4)$$

На первом этапе решения данной задачи оптимизации целесообразно поочередно изменять входные параметры P , h , p при фиксированных значениях остальных входных параметров (так называемая "звездообразная схема теоретического исследования"). При этом в качестве центральной точки "звезды" можно принять значения параметров P , h , p , при которых априори ожидается высокая эффективность процесса сушки: $P = 750$ Вт; $h = 0,005$ м; $p = 50$ кПа.

По общепринятой классификации моделей предлагаемая модель является алгоритмической, но не аналитической. Это означает, что выходные характеристики модели рассчитываются по входным не путем аналитических преобразований (это в принципе не возможно для моделируемого процесса), а с помощью пространственной и временной дискретизации и соответствующего алгоритма расчета.

Расчет по приведенным выше формулам является довольно громоздким и включает в себя три цикла, вложенных один в другой: по номеру компьютерного эксперимента, по номеру временного шага и по номеру элемента. Упрощенно алгоритм расчета можно представить следующей схемой (рисунок 2).

Начальные условия:

Начальная температура всех элементов плодов одинакова и равна комнатной температуре:

$$T_i^0 = T_K = 20^\circ \text{C}.$$

Начальная влажность всех элементов плодов одинакова и равна:

$$W_i^0 = W_0 = 80\%.$$

Начальные координаты элементов плодов определяются алгоритмом начального размещения (см. выше). Начальные скорости механического движения элементов равны нулю:

$$v_{xi}^0 = 0, \quad v_{zi}^0 = 0.$$

Граничные условия:

Механическое движение элементов ограничено границами модельного пространства. Те элементы, которые выходят за границы модельного пространства, возвращаются в него. Так, например, если координата x_i элемента превысит длину модельного пространства L_x , производится коррекция координаты и скорости элемента:

$$\text{если } x_i > L_x, \text{ то } x_i = L_x; \quad v_{xi} = -v_{xi}.$$

Граничные условия для задач тепло- и влагопереноса задаются уравнениями (5, 6) [4].

$$W_i^{\tau+1} = W_i^{\tau} - k_e \left(W_i^{\tau} - W_{окр}^{\tau} \frac{p_{атм}}{p} \right) \Delta t, \quad (5)$$

$$T_i^{\tau+1} = T_i^{\tau} - \chi_T (T_i^{\tau} - T_{окр}^{\tau}) \Delta t. \quad (6)$$

В модели приняты следующие допущения:

- в пределах одного элемента вещество считается сплошной средой;
- элементы движутся по законам классической динамики, механически взаимодействуя между собой и с поверхностями контейнера;
- элемент является однородным: объемная плотность, влажность, температура одинаковы в пределах всего элемента;
- механическое взаимодействие между элементами носит линейный вязкоупругий характер;
- механические свойства материала зависят только от пяти параметров элементов (диаметр, масса, коэффициенты жесткости, вязкости, ограничения взаимодействия);

- распространение тепла описывается уравнением теплопроводности в общепринятой форме;

- температура и влажность окружающей среды вблизи слоя плодов является постоянной в процессе моделирования.

Компьютерный эксперимент заключается в СВЧ-сушке слоя плодов заданной толщины h на протяжении заданного времени $t_{кэ}$.

Модель с высокой адекватностью отражает изменение формы и структуры отдельного плода в процессе СВЧ-сушки (рисунок 3). На начальном этапе сушки плод постепенно обмякает и уменьшается в размерах (рисунок 3, $t = 5, 10$ мин.). На втором этапе сушки объем мякоти уменьшается настолько, что кожура, не имеющая возможность уменьшить свою площадь поверхности, собирается в складки (рисунок 3, $t = 20, 30$ мин.). При этом внутри плода образуются пустоты. На заключительном этапе сушки влага выходит с очень малой скоростью и форма плода практически не изменяется с течением времени (рисунок 3, $t = 20$ мин.).

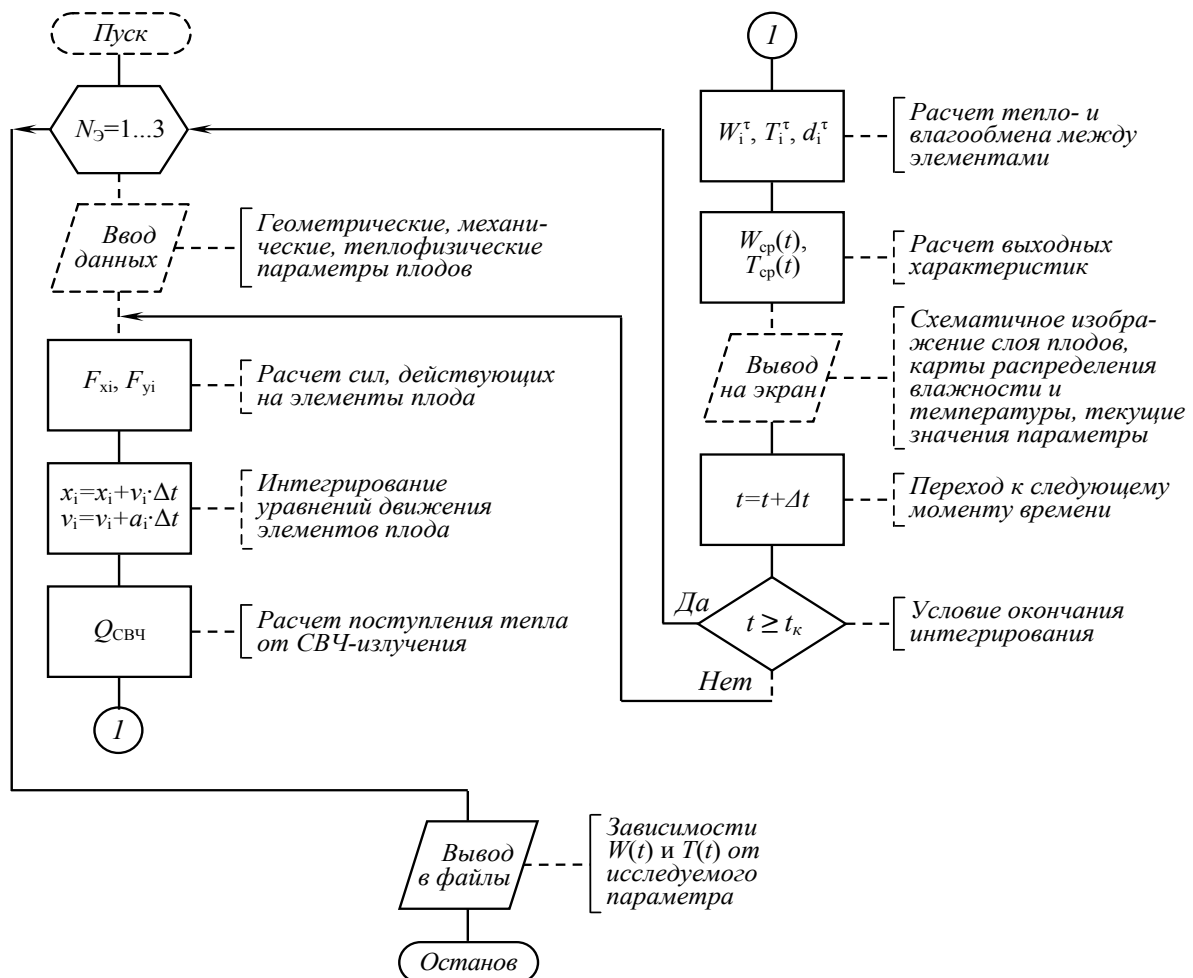


Рисунок 2. Схема алгоритма моделирования процесса сушки плодов черной смородины

На рисунке 4 показана последовательность состояний слоя плодов в течение компьютерного эксперимента. В начале компьютерного эксперимента заданное количество плодов размещается случайным равномерным образом в модельном пространстве. Затем начинается интегрирование уравнений механического движения элементов, в результате чего плоды оседают под действием силы тяжести в нижнюю часть модельного пространства и формируют случайную плотную упаковку (рисунок 4, $t = 0$ мин.). После предварительной подготовки в модели начинается процесс сушки: в элементах начинает выделяться теплота под действием СВЧ-излучения, а с поверхности плодов начинается отводиться тепло и влага. На начальном этапе сушки из-за обмякания плодов толщина слоя постепенно уменьшается (рисунок 4, $t = 10$ мин.). По мере дальнейшей сушки кожура плодов собирается в складки, причем между контактирующими плодами формируются согласованные складки, благодаря чему увеличивается поверхность контакта между плодами (рисунок 4, $t = 25$ мин.). К моменту окончания СВЧ-сушки толщина слоя плодов оказывается значительно меньше начальной толщины, существенно уменьшается пористость слоя, возрастает связность слоя (рисунок 4, $t = 40$ мин.).

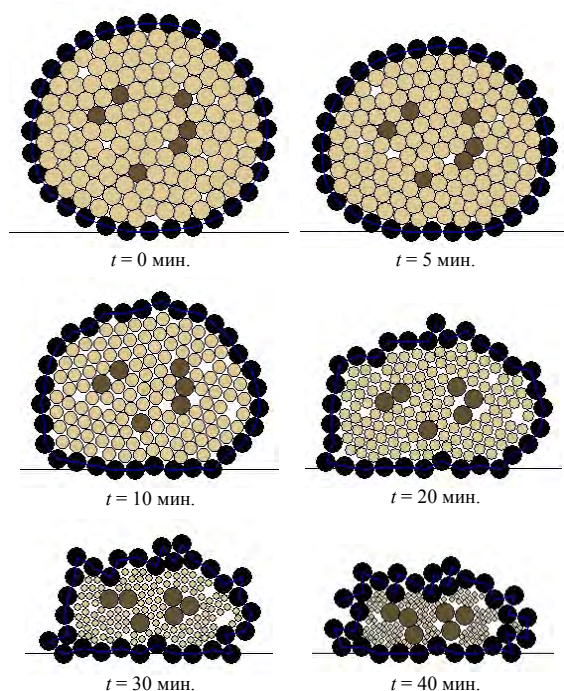


Рисунок 3. Изменение формы отдельного плода в процессе сушки

Разработанная модель позволяет детально изучить разнообразные аспекты процесса СВЧ-сушки плодов черной смородины и на основе этого определить оптимальные технологические параметры процесса.

Рассмотрим процессы тепло- и влагопереноса в слое плодов черной смородины. Для анализа кинетики СВЧ-сушки был проведен компьютерный эксперимент с малым количеством плодов (шесть плодов), чтобы можно было крупно изобразить карты распределения тепла и влажности (рисунок 5). Процесс СВЧ-сушки можно разделить на семь стадий.

Стадия I. Начальное состояние плодов. Начальная температура плодов равна температуре окружающей среды ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$), начальная влажность плодов максимальна и одинакова (80 %). На рисунке 5 температура и влажность изображаются степенью затемнения соответственно карт распределения температуры и влажности. В начальный момент времени карта распределения температуры не затемнена (минимально возможная температура), а карта распределения влажности максимально затемнена (максимально возможная влажность) (рисунок 5, I).

Стадия II. Быстрый нагрев плодов. За первые 3–7 минут слой плодов нагревается СВЧ-излучением до температуры $50\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ (рисунок 6, в). При этом влажность плодов еще практически не успевает измениться и, соответственно, еще не изменяется форма плодов и структура слоя плодов. На карте распределения температуры появляется затемнение элементов, карта распределения влажности остается практически неизменной (рисунок 5, II).

Стадия III. Быстрое обезвоживание плодов. За короткий промежуток времени (с 7 по 15 минут от начала процесса сушки) происходит быстрое снижение влажности плодов ориентировочно с 70–80 до 20–30 % (рисунок 6, а). В момент времени $t = 10$ мин. скорость обезвоживания $dW_{\text{ср}}/dt$ наибольшая и достигает примерно 7 % в минуту (рисунок 6, б). При этом плоды обмякают, уменьшаясь в объеме. Как видно из карт распределения температуры и влажности, температура внутри плода тем выше, чем ближе к центру плода (рисунок 5, III). При этом влажность, наоборот, тем ниже, чем ближе к периферии плода, так как отвод влаги производится от элементов кожуры, которые в модели считаются контактирующими с окружающей средой.

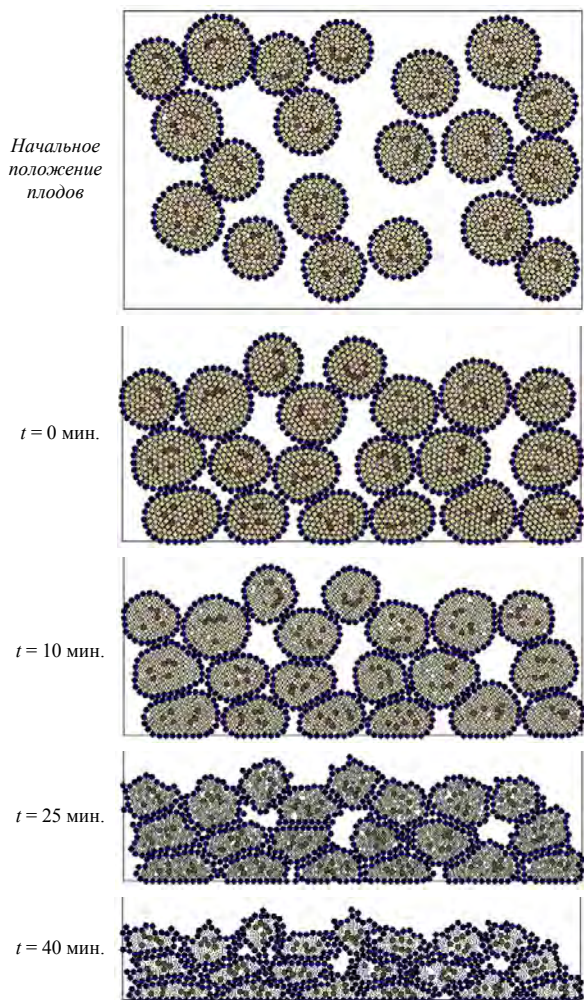


Рисунок 4. Изменение структуры слоя плодов в процессе сушки

Стадия IV. Замедление обезвоживания. По мере обезвоживания плода уменьшается градиент концентрации жидкости между плодом и окружающей средой, вследствие чего скорость обезвоживания снижается (рисунок 6, а, б).

Стадия V. Движение плодов и уплотнение слоя продукта. На определенном этапе процесса сушки внутри плода формируется существенный градиент влажности, в результате чего в модели диаметры элементов, расположенных ближе к центру, оказываются значительно больше диаметров элементов, расположенных по периферии плода (рисунок 5V). Это приводит к такому механическому искажению плода, при котором центральная часть плода, является довольно прочной и упругой, а области мякоти вблизи кожуры становятся податливыми. Из-за такого механического состояния плодов приблизительно с 15 по 20 минуты процесса сушки начинается

движение плодов и доуплотнение слоя: плоды теряют округлую форму, на их форму влияет расположение соседей, если под плодом находился свободный участок пространства, плод под действием силы тяжести оседает и заполняет этот участок.

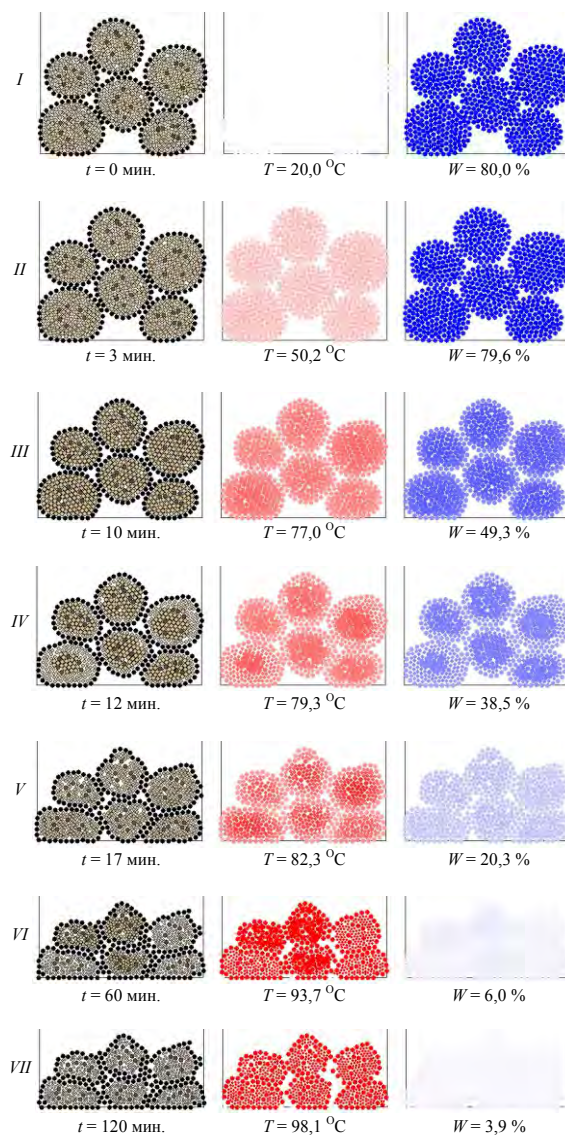


Рисунок 5. Стадии сушки плодов черной смородины

Стадия VI. Окончательное высушивание. В промежуток времени с 20 по 60 минуты процесса происходит окончательное обезвоживание плода: влажность уменьшается, по убывающей экспоненте, приблизительно до 3–5 % и дальше практически не изменяется (рисунок 6, а). Приемлемый уровень влажности 10 % достигается приблизительно на 35 минуте процесса ($t_{10\%} = 35$ мин.). Это является оптимальным временем остановки процесса СВЧ-сушки.

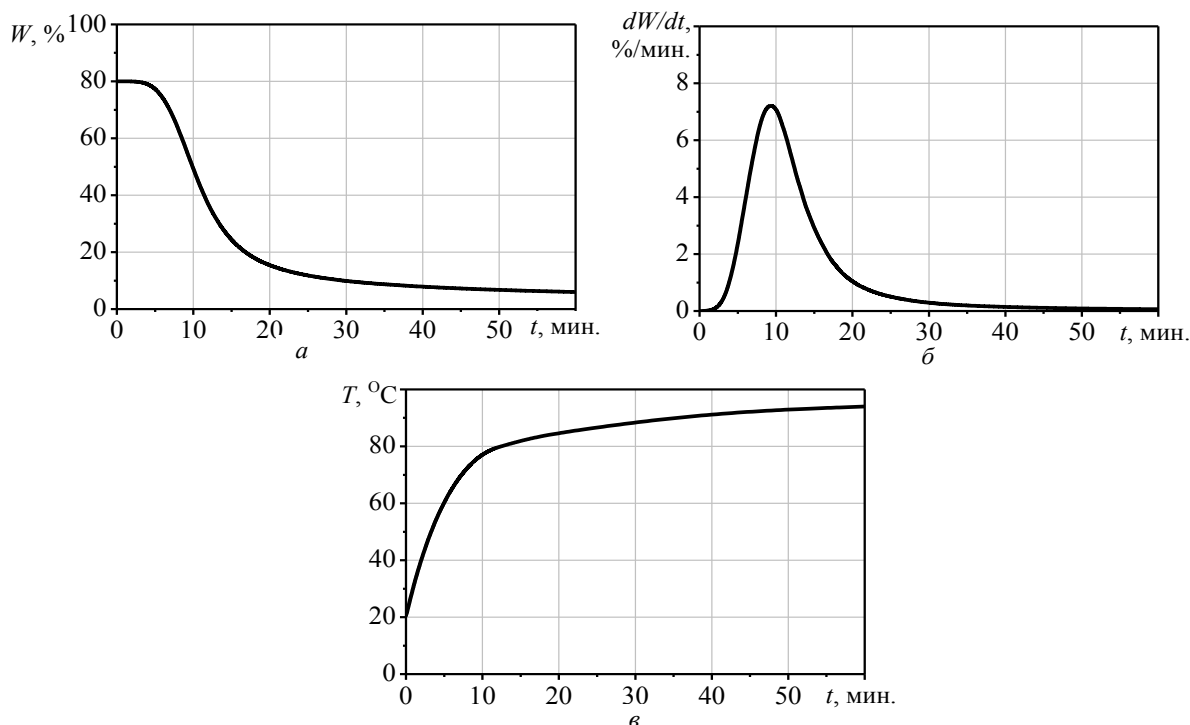


Рисунок 6. Изменение в процессе сушки плодов смородины: *а* – влажности; *б* – скорости сушки; *в* – температуры

Стадия *VII*. Разогрев после обезвоживания. Начиная с 60 минуты, влажность плодов находится на низком уровне и практически не уменьшается, однако СВЧ-излучение приводит к медленному разогреву слоя обезвоженных плодов (рисунок 6, *в*). Если в сушильной камере плохой уровень конвективного, контактного и радиационного теплоотвода, при высокой удельной мощности подводимого СВЧ-излучения, плоды могут

разогреться вплоть до температуры возгорания. Данная стадия является непродуктивной, поэтому процесс сушки необходимо закончить на *VI* стадии.

Детальное исследование процесса СВЧ-сушки с помощью модели позволяет выделить следующие его стадии: быстрый нагрев, быстрое обезвоживание, замедленное обезвоживание, уплотнение слоя продукта, окончательное высушивание, разогрев после обезвоживания.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 279 с.
- 2 Мельников С.В., Алешкин В.Р., Рошин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов: 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Колос, 1980. 168 с.
- 3 Дегтярев Ю.И. Методы оптимизации: учеб. пособие для вузов. М.: Сов. радио, 1980. 272 с.
- 4 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.

REFERENCES

- 1 Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskii Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimal'nykh uslovii [Planning an experiment in finding the optimal conditions]. Moscow, Nauka, 1976. 279 p. (In Russ.).
- 2 Mel'nikov S.V., Aleshkin V.R., Roshchin P.M. Planirovanie eksperimenta v issledovaniakh sel'skokhoziaistvennykh protsessov [Experiment planning in researches of agricultural processes]. Leningrad, Kolos, 1980. 168 p. (In Russ.).
- 3 Degtiarev Yu.I. Metody optimizatsii [Optimization methods]. Moscow, Sov. radio, 1980. 272 p. (In Russ.).
- 4 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.).

УДК 664.848:621.1.013

Профессор А.Н. Остриков

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств. тел. (473) 255-38-87

старший научный сотрудник С.А. Шевцов

(Воронежский институт ГПС МЧС России) тел. (473)-277-86-53

E-mail: oan@vsuet.ru

Professor A.N. Ostrikov

(Voronezh state university of engineering technology) Department of Technology of fats, processes and devices for chemical and food industries. phone (473) 255-38-87

senior researcher S.A. Shevtsov

(Voronezh institute of the state fire emergency service of Russian Ministry of emergency situations). tel (473)-277-86-53

E-mail: oan@vsuet.ru

Расчет и проектирование ленточных сушилок с активным гидродинамическим режимом

Calculation and design of tape dryers with active hydrodynamic regime

Реферат. Ленточные сушилки, используемые в пищевой промышленности, из-за низкого технического уровня уступают по многим технико-экономическим показателям зарубежным аналогам. Целью работы являлась разработка методики расчета ленточных сушилок с активным гидродинамическим режимом на основе полученных теоретических и экспериментальных данных по кинетике и гидродинамике. Выполненный расчет позволил спроектировать ленточную сушилку с активным гидродинамическим режимом. Предлагаемая сушилка имеет следующие преимущества: высокая эксплуатационная надежность из-за отсутствия многочисленных циклов деформации и значительного истирания сетчатых пластин; достижение равномерной сушки продукта вследствие использования мягких, щадящих режимов пересыпания и перемешивания при максимальном сохранении частиц обрабатываемого продукта за счет рациональной конструкции гравитационного ворошителя; универсализация конструкции сушилки и адаптации ее для сушки различных продуктов, отличающихся физико-механическими свойствами (углом естественного откоса, гранулометрическим составом, адгезией и др.); отсутствие необходимости в переналадке конструкции сушилки для продуктов, отличающихся физико-механическими свойствами (углом естественного откоса, гранулометрическим составом, адгезией и др.); использование пересыпающегося слоя снижает комкование высушиваемого продукта и предотвращает образование агломератов.

Summary. Belt dryers, using in the food industry, are inferior in many technical and economic indices foreign counterparts due to low technical level. The aim of the work was to develop a methodology for calculating belt dryers with active hydrodynamic regime on the basis of theoretical and experimental data on the kinetics and hydrodynamics. The executed calculation allowed to design the belt dryer with an active hydrodynamic mode. The offered dryer has the following advantages: high operational reliability due to the lack of numerous cycles of deformation and a considerable abrasion of mesh plates; achievement of uniform drying of a product owing to use of soft, sparing modes of oversleeping and hashing at the maximum preservation of particles of a processed product at the expense of a rational design of a gravitational device for agitating; universalization of a design of the dryer and its adaptation for drying of various products, differing physicomachanical properties (a corner of a natural slope, granulometric structure, adhesion, etc.); lack of need for readjustment of a design of the dryer for the products, differing physicomachanical properties (a corner of a natural slope, granulometric structure, adhesion, etc.); use of a being poured layer reduces a balling of a dried-up product and prevents formation of agglomerates.

Ключевые слова: методика расчета, ленточная сушилка, конструкция

Keywords: method of calculation, belt dryer, design.

Используемые в пищевой промышленности ленточные сушилки из-за низкого технического уровня уступают по многим технико-экономическим показателям зарубежным аналогам [1].

Цель работы – разработка методики расчета ленточных сушилок с активным гидродинамическим режимом на основе полученных теоретических и экспериментальных данных по кинетике и гидродинамике.

Расчет ленточной сушилки выполнили при следующих условиях: производительность сушилки по исходному продукту $G_{\text{мк}} = 100$ кг/ч; влагосодержание гречневой крупы: начальное $C_0 = 0,4$ кг/кг, конечное $C_k = 0,1$ кг/кг; критическое $C_{\text{кр}} = 0,21$ кг/кг, равновесное $C_p = 0,114$ кг/кг; начальная температура гречневой крупы $\theta_0 = 20$ °С; допустимая температура нагрева гречневой крупы

© Остриков А.Н., Шевцов С.А., 2014

$\theta_{\text{доп}} = 80^\circ\text{C}$; удельная теплоемкость гречневой крупы $c_t = 1,25 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$; насыпная плотность гречневой крупы $\rho_{\text{нас}} = 825 \text{ кг/м}^3$; плотность частиц гречневой крупы $\rho_{\text{мк}} = 1220 \text{ кг/м}^3$; эквивалентный диаметр частицы $d_0 = 2,7 \text{ мм}$; фактор формы $f = 1,5$; сушильный агент – воздух при начальном влагосодержании $X_0 = 0,01 \text{ кг/кг}$.

Производительность сушилки по сухому продукту G_t , кг/ч, исходному материалу W , кг/ч, и испарившейся влаге $G_{\text{мо}}$, кг/ч, рассчитаем по формулам:

$$G_t = \frac{G_{\text{мк}}}{1 + C_k}, \quad (1)$$

$$W = G_t \Delta C, \quad (2)$$

$$G_{\text{мо}} = G_{\text{мк}} + W, \quad (3)$$

где $G_{\text{мк}}$ – производительность сушилки, кг/ч, $G_{\text{мк}} = 100 \text{ кг/ч}$; C_k – конечное влагосодержание гречневой крупы, кг/кг, $C_k = 0,1 \text{ кг/кг}$; ΔC – изменение влагосодержания гречневой крупы кг/кг, $\Delta C = 0,3 \text{ кг/кг}$.

Температурный режим сушки выберем по фактору термообработки из условия $\Phi_t \leq 1$.

Учитывая, что в ленточной сушилке $\tau > \tau^\#$ и обеспечивается высокая степень перемешивания воздуха, воспользуемся формулой:

$$\Phi_t = \frac{(t_0 + t_k)}{2\theta_{\text{доп}}} J \leq 1, \quad (4)$$

$$t_0 = 2\theta_{\text{доп}} - t_k, \quad (5)$$

где $t_0 = 20^\circ\text{C}$ – начальная температура гречневой крупы; $t_k = 40^\circ\text{C}$ – конечная температура гречневой крупы; $\theta_{\text{доп}} = 80^\circ\text{C}$ – допустимая температура нагрева гречневой крупы.

Температуру θ_k гречневой крупы на выходе из сушилки примем по формуле:

$$\theta_k = 0,9 \cdot t_k, \quad (6)$$

где $t_k = 40^\circ\text{C}$ – конечная температура гречневой крупы.

Удельный расход теплоты на нагрев гречневой крупы g_m , кДж/кг, составит:

$$g_m = \frac{(c_t + c_{\text{ж}} \cdot C_k) \cdot \Delta\theta}{\Delta C}, \quad (7)$$

$$\Delta\theta = \theta_k - \theta_0, \quad (8)$$

где $c_t = 1,25 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ – удельная теплоемкость гречневой крупы, кДж/(кг·K); $c_{\text{ж}} = 4,186 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ – удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·K); $\Delta\theta = 16^\circ\text{C}$ – разность температур на выходе из сушилки и входе в сушилку.

Среднюю удельную теплоту связанной влаги $\bar{g}_c$, кДж/кг, определим по формуле:

$$\bar{g}_c = \frac{a \cdot (C_{\text{кр}} - C_k)^2}{\Delta C}, \quad (9)$$

где $a = 4200$ – постоянная величина, кДж/кг;

Принимаем удельные тепловые потери $g_{\text{пт}} = 250 \text{ кДж/кг}$. При установившемся процессе расход теплоты на нагрев транспортных средств отсутствует. Тогда изменение энтальпии Δ , кДж/кг, сушильного агента рассчитаем по формуле:

$$\Delta = c_{\text{ж}} \cdot \theta_0 - g_m - \bar{g}_c - g_{\text{пт}}, \quad (10)$$

где $c_{\text{ж}} = 4,186 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ – удельная теплоемкость воздуха; $\theta_0 = 20^\circ\text{C}$ – начальная температура материала; $g_m = 88,9 \text{ кДж/кг}$ – удельный расход; $\bar{g}_c = 84,7 \text{ кДж/кг}$ – средняя удельная теплота кДж/кг.

Энтальпия воздуха в начале процесса I_0 , кДж/кг:

$$I_0 = c_r t_0 + (r_0 + c_{\text{п}} t_0) X_0, \quad (11)$$

где $c_r = 1,006 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ – удельная теплоемкость наружного воздуха; $r_0 = 2495 \text{ кДж/кг}$ – удельная теплота парообразования при 0°C ; $c_{\text{п}} = 1,965 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ – удельная теплоемкость пара; $t_0 = 120^\circ\text{C}$ – начальная температура продукта; $X_0 = 0,01 \text{ кг/кг}$ – начальное влагосодержание воздуха, поступающего в калорифер.

Энтальпия пара, содержащегося в воздухе, в конце процесса $I_{\text{пк}}$, кДж/кг

$$I_{\text{пк}} = r_0 + c_{\text{п}} t_k, \quad (12)$$

где $c_{\text{п}}$ – удельная теплоемкость пара, кДж/(кг·K), $c_{\text{п}} = 1,965 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$; t_k – конечная температура продукта, $^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$.

Энтальпия воздуха в конце процесса I_k , кДж/кг:

$$I_k = \frac{c_r t_k \Delta + I_{\text{пк}} (X_0 \Delta - I_0)}{\Delta - I_{\text{пк}}}, \quad (13)$$

где $c_r = 1,006 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{K)}$ – удельная теплоемкость наружного воздуха; $\Delta = -339,88 \text{ кДж/кг}$ – изменение энтальпии; $I_{\text{пк}} = 2573,6 \text{ кДж/кг}$ – энтальпия пара, содержащегося о воздухе, в конце процесса; $I_0 = 148 \text{ кДж/кг}$ – энтальпия воздуха в начале процесса.

Влагосодержание воздуха в конце процесса X_k , кг/кг:

$$X_k = \frac{I_k - I_0}{\Delta} + X_0, \quad (14)$$

где $I_k = 138,4 \text{ кДж/кг}$ – энтальпия воздуха в конце процесса кДж/кг.

Изменение влагосодержания воздуха ΔX , кг/кг:

$$\Delta X = X_k - X_0, \quad (15)$$

где X_k – влагосодержание воздуха в конце процесса, кг/кг, $X_k = 0,038 \text{ кг/кг}$.

Удельный расход воздуха σ , кг/кг:

$$\sigma = \frac{\Delta C}{\Delta X}, \quad (16)$$

где ΔC – изменение влагосодержания материала кг/кг, $\Delta C = 0,3 \text{ кг/кг}$.

Расход воздуха L , кг/ч:

$$L = \sigma G_T, \quad (17)$$

где $\sigma = 10,7$ кг/кг – удельный расход воздуха.

Кинетику сушки рассчитаем по методу А. В. Лыкова. Графическим дифференцированием опытной кривой кинетики сушки (рисунок 1) построим кривую скорости сушки, которую заменим прямой, проведенной с минимальной погрешностью.

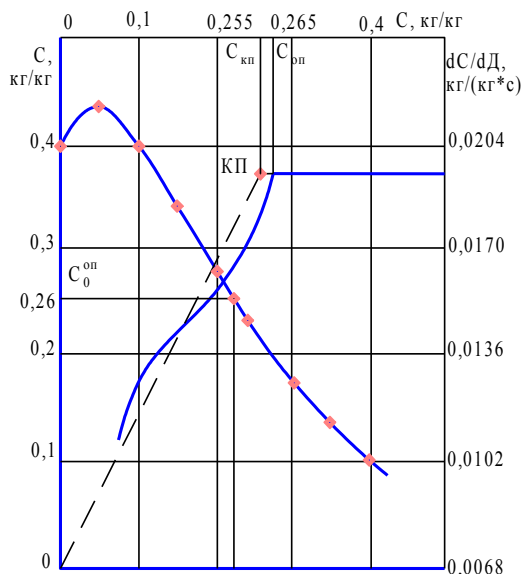


Рисунок 1. Кривая сушки и кривая скорости сушки гречневой крупы

Критическая точка КП соответствует критическому приведенному влагосодержанию $C_{кп} = 0,255$ кг/кг. Скорость сушки в первый период для опытных данных рассчитаем из соотношения, учитывая, что $C_{оп} = 0,4$ кг/кг, находим по формуле:

$$N = \frac{C_{оп} - C_{кр}}{\tau_I^{оп}}, \quad (18)$$

где $C_{кр} = 0,21$ кг/кг – абсолютное критическое влагосодержание; $\tau_I^{оп}$ – время сушки, ч, $\tau_I^{оп} = 0,36$ ч = 22 мин.

Тогда длительность первого периода сушки для сушилки от $C_0 = 0,4$ кг/кг до $C_{кп} = 0,255$ кг/кг составит:

$$\tau_I = \frac{C_0 - C_{кп}}{N}, \quad (19)$$

где $C_0 = 0,4$ кг/кг – абсолютное начальное влагосодержание; $C_{кп} = 0,255$ кг/кг – критическое приведенное влагосодержание; $N = 0,527$ ч⁻¹ – скорость сушки в первый период.

Коэффициент сушки K , ч⁻¹, согласно формуле:

$$K = \frac{N}{C_{кп} - C_p}, \quad (20)$$

где $C_{кп} = 0,255$ кг/кг – критическое приведенное влагосодержание; $C_p = 0,114$ кг/кг – абсолютное равновесное влагосодержание, кг/кг.

Длительность второго периода сушки τ_{II} , ч:

$$\tau_{II} = \frac{1}{K} \cdot \ln \frac{C_{кп} - C_p}{C_{кр} - C_p}, \quad (21)$$

где $K = 3,74$ ч⁻¹ – коэффициент сушки; $C_{кп} = 0,255$ кг/кг – критическое приведенное влагосодержание.

Полное время сушки τ , ч:

$$\tau = \tau_I + \tau_{II}, \quad (22)$$

где τ_I – длительность первого периода сушки для сушилки, ч, $\tau_I = 0,275$ ч; $\tau_{II} = 0,381$ ч – длительность второго периода сушки.

Масса сухого материала в сушилке g_T , кг:

$$g_T = G_T \tau, \quad (23)$$

где G_T – производительность сушилки по сухому продукту кг/ч, $G_T = 91$ кг/ч; $\tau = 0,656$ ч – полное время сушки.

Принимаем нагрузку сухого материала на ленту. Тогда требуемая поверхность ленты S , м²:

$$S = g_T / g_T^*, \quad (24)$$

где $g_T = 238,5$ кг – масса сухого материала в сушилке; $g_T^* = 85$ кг/м² – нагрузка сухого материала на ленту.

Нагрузка на ленту в начале процесса $g_{мо}^*$, кг/м²:

$$g_{мо}^* = g_T^* (1 + C_0), \quad (25)$$

Нагрузка на ленту в конце процесса $g_{мк}^*$, кг/м²:

$$g_{мк}^* = g_T^* (1 + C_{кр}). \quad (26)$$

Высота слоя материала на ленте h , м:

$$h = g_{мк}^* / \rho_{нас}, \quad (27)$$

где $g_{мк}^* = 93,5$ кг/м² – нагрузка на ленту в конце процесса; $\rho_{нас} = 825$ кг/м³ – насыпная

плотность продукта; $h = \frac{93,5}{825} = 0,1$ м, что в пределах рекомендуемых величин.

Условная скорость воздуха в свободном сечении сушилки ($S_{св} = 1,2$ м²) при условиях конца процесса:

$$w = \frac{L \cdot (1 + X_{кр})}{\rho_{кр} \cdot S_{св}}, \quad (28)$$

где L – расход воздуха, кг/ч, $L = 973,7$ кг/ч; $\rho_{кр} = 1,128$ кг/м³ – плотность воздуха при $t = 40$ °C, кг/м³.

Для оценки уноса материала с отработанным воздухом рассчитаем скорость витания частиц, используя формулы:

$$Re_B = \frac{\sqrt{\frac{367 + k_3 \cdot Ag}{k_1 \cdot k_2}} - 19,15}{0,588 \cdot k_3}, \quad (29)$$

$$u_B = \frac{Re_B \cdot \nu}{d_3}, \quad (30)$$

$$k_3 = 11 - \frac{10}{f}. \quad (31)$$

Критерий Архимеда Ag_i :

$$Ag_i = \frac{g \cdot d_3^3}{\nu^2} \cdot \frac{\rho_m - \rho}{\rho}, \quad (32)$$

где $d_3 = 0,0027$ м – эквивалентный диаметр; $f = 1,5$ – фактор формы частиц; $\nu = 16,96 \cdot 10^{-6}$ м²/с – вязкость; $\rho = 1,128$ кг/м³ – плотность воздуха при $t = 40$ °С, кг/м³.

Выполним расчет общего сопротивления движению транспортирующей ленты. Определяем коэффициенты планового использования сушилки по времени в сутки $K_{вс}$ и $K_{вг}$ в год:

$$K_{вс} = t_{пс} / t_c, \quad (33)$$

$$K_{вг} = t_{пг} / t_r, \quad (34)$$

где $t_{пс}$ – продолжительность работы сушилки за сутки, ч, $t_{пс} = 14$ ч; t_c – продолжительность суток, ч, $t_c = 24$ ч; $t_{пг}$ – продолжительность работы сушилки за год, ч, $t_{пг} = 4270$ ч; $t_r = 8760$ ч – продолжительность года.

Коэффициент использования по производительности $K_{зг}$ рассчитываем по формуле:

$$K_{зг} = \frac{Q_c}{Q_m}, \quad (35)$$

где $Q_c = 72$ кг/ч – плановая средняя массовая производительность сушилки; $Q_m = 1400$ кг/сутки – максимальная производительность.

Находим расчетную производительность сушилки $Q_{рм}$, кг/ч, для определения ширины ленты:

$$Q_{рм} = \frac{Q_m}{T \cdot K_3}, \quad (36)$$

где $T = t_{пс} = 14$ ч – продолжительность работы сушилки за сутки; $K_3 = 0,75$ – общий эксплуатационный коэффициент:

$$K_3 = K_{вс} K_{вг} K_{зг}. \quad (37)$$

Предполагаем, что лента должна иметь ширину в пределах 600-800 мм; тогда принимаем скорость движения ленты $\mathcal{G} = 0,0016$ м/с. Для груза средней подвижности принимаем коэффициент площади поперечного сечения груза на ленте $K_n = 550$.

Необходимая ширина ленты B_n , м, рассчитывается по формуле:

$$B_p = 1,1 \cdot \left(\sqrt{\frac{Q_{рм}}{K_n \cdot \mathcal{G} \cdot \rho}} + 0,05 \right), \quad (38)$$

где $Q_{рм} = 0,133$ т/ч – расчетная производительность сушилки; $\rho = 0,825$ т/м³ – насыпная плотность.

Выбираем расстояния между роlikо-опорами на верхней направляющей $l_{р.в} = 0,4$ м; на нижней; $l_{р.н} = 0,4$ м. Массы вращающихся частей роlikоопор $m_{р.в} = 7$ кг; $m_{р.н} = 10$ кг. Отсюда линейные силы тяжести:

$$q_{р.в} = \frac{g \cdot m_{р.в}}{l_{р.в}}, \quad (39)$$

$$q_{р.н} = \frac{g \cdot m_{р.н}}{l_{р.н}}, \quad (40)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с².

Линейную силу тяжести груза $Q_{р.с}$, кг/ч, определяем по средней производительности:

$$Q_{р.с} = \frac{Q_c}{T \cdot K'_3}, \quad (41)$$

где $K'_3 = 0,68$ – коэффициент линейной силы тяжести груза.

Тогда находим линейную силу тяжести груза q_r , Н/м:

$$q_r = \frac{g \cdot Q_{р.с}}{3,6 \cdot \mathcal{G}}, \quad (42)$$

где $\mathcal{G} = 0,0016$ м/с – скорость движения ленты.

Общее сопротивление движению ленты W , Н, определяем:

$$W = K_T \cdot L_r \cdot \left[(q_r + q_{р.в} + q_l) \cdot w_b + (q_l + q_{р.н}) \right], \quad (43)$$

где $K_T = 5,1$ – коэффициент сопротивления движения ленты; $L_r = 2,5$ м – длина горизонтальной проекции расстояния между осями концевых звездочек сушилки; q_l – линейная сила тяжести ленты, Н/м, $q_l = g \cdot m_l = 9,81 \cdot 5 = 49,05$ Н/м; $w_b = 1,06$ – коэффициент сопротивления движению ленты.

Проведем кинематический и силовой расчет привода. Привод сушильной установки состоит из электродвигателя, червячного редуктора, клиноременной передачи и цепной передачи.

Общий КПД привода:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3, \quad (44)$$

где η_1 – КПД клиноременной передачи, $\eta_1 = 0,96$; $\eta_2 = 0,8$ – КПД червячного редуктора; $\eta_3 = 0,95$ – КПД цепной передачи.

Мощность привода сушилки определяют по формуле:

$$N = \frac{K_3 \cdot W \cdot \mathcal{G}}{1000 \cdot \eta}, \quad (45)$$

где $K_3 = 1,2$ – коэффициент неучтенных потерь; $\eta = 0,74$ – КПД привода; W – производительность аппарата, т/ч; $\mathcal{G} = 0,0016$ м/с – скорость движения ленты.

Для привода выбираем двигатель 4А80А4УЗ, мощность $N_3 = 1,1$ кВт, $n = 1500$ мин⁻¹.

Общее передаточное число привода:

$$u = u_1 u_2 u_3, \quad (46)$$

где u_1 – передаточное число клиноременной передачи, приму $u_1 = 3,95$; u_2 – передаточное число червячного редуктора, приму $u_2 = 50$; u_3 – передаточное число цепной передачи, принимаем $u_3 = 4$.

Частота вращения ведущего шкива равна частоте вращения вала электродвигателя $n_1 = n_3 = 1500$ мин⁻¹.

Угловая скорость вращения ведущего шкива:

$$\omega_1 = \omega_3 = \pi n_3 / 30. \quad (47)$$

Мощность N_1 и крутящий момент T_1 на валу ведущего шкива равны мощности и крутящему моменту электродвигателя:

$$N_1 = N_3 = 1,1 \text{ кВт.}$$

Частота вращения ведомого шкива:

$$n_2 = n_1 / u_1, \quad (48)$$

где u_1 – передаточное число клиноременной передачи; n_1 – частота вращения электродвигателя, мин⁻¹.

Угловая скорость ведомого шкива:

$$\omega_2 = 3,14 \times 379,7 / 30 = 39,74 \text{ с}^{-1}.$$

Мощность на ведомом валу клиноременной передачи (входном валу редуктора):

$$N_2 = N_1 \eta_1, \quad (49)$$

где N_1 – мощность электродвигателя, кВт; η_1 – КПД клиноременной передачи.

Крутящий момент на входном валу редуктора:

$$T_2 = N_2 / \omega_2, \quad (50)$$

где N_2 – мощность на входном валу редуктора, кВт; ω_2 – угловая скорость ведомого шкива, с⁻¹.

Частота вращения входного вала редуктора $n_2 = 30 \times 39,74 / 3,14 = 379,7$ мин⁻¹.

Частота вращения ведущей звездочки цепной передачи (выходного вала редуктора):

$$n_3 = n_2 / u_2, \quad (51)$$

где n_2 – частота вращения ведущей звездочки, мин⁻¹; u_2 – передаточное число редуктора.

Мощность на выходном валу редуктора:

$$N_3 = N_2 \eta_2, \quad (52)$$

где N_2 – мощность на входном валу редуктора, кВт; η_2 – КПД червячного редуктора.

Крутящий момент на выходном валу редуктора:

$$T_3 = N_3 / \omega_3, \quad (53)$$

где N_3 – мощность на выходном валу редуктора, кВт; ω_3 – угловая скорость выходного вала редуктора, с⁻¹.

Частота вращения ведомой звездочки:

$$n_4 = n_3 / u_3, \quad (54)$$

где n_3 – частота вращения ведущей звездочки,

мин⁻¹; u_3 – передаточное число цепной передачи.

Угловая скорость ведомой звездочки:

$$\omega_4 = 3,14 \times 1,9 / 30 = 0,19 \text{ с}^{-1}.$$

Мощность на валу звездочки:

$$P_4 = P_3 \eta_3, \quad (55)$$

где P_3 – мощность на выходном валу редуктора, кВт; η_3 – КПД цепной передачи.

Крутящий момент на валу звездочки:

$$T_4 = P_4 / \omega_4, \quad (56)$$

где P_4 – мощность на валу шнека, кВт; ω_4 – угловая скорость шнека, с⁻¹.

Далее представлен расчёт и подбор калорифера. Для нагревания воздуха выбираем пластинчатые калориферы КФБ-9, обогреваемые паром с температурой $T_n = 220$ °С ($P_{\text{абс}} = 23,66$ ат).

Тепловую нагрузку на калориферы определим как количество теплоты на сушку в зимних условиях $Q = 269752,0$ Вт и количество теплоты на компенсацию тепловых потерь от газахода в окружающую среду $Q_{\text{пот}} = 567,2$ Вт, т. е.:

$$Q_{\text{кол}} = Q + Q_{\text{пот}} = 270319,2 \text{ Вт.} \quad (57)$$

Площадь поверхности теплопередачи калориферов определим из основного уравнения теплопередачи:

$$F_{\text{кал}} = \frac{Q_{\text{кал}} \cdot l_3}{k \cdot \Delta t_{\text{ср}}}, \quad (58)$$

где $Q_{\text{кал}}$ – тепловая нагрузка калориферов, Вт; k – коэффициент теплопередачи в калорифере; $\Delta t_{\text{ср}}$ – средний температурный напор между паром и воздухом в калорифере, °С; $l_3 = 1,15$ – коэффициент запаса.

Определим $\Delta t_{\text{ср}}$:

$$\begin{array}{ccc} T_n = 220 \text{ °С} & \xrightarrow{\text{Пар}} & T_k = 220 \text{ °С} \\ t_n = 20 \text{ °С} & \xleftarrow{\text{Воздух}} & 100 \text{ °С} \\ \Delta t_6 = 220 \text{ °С} & & \Delta t_m = 120 \text{ °С} \end{array}$$

$$\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} = \frac{220}{120} = 1,83 < 2, \text{ следовательно}$$

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} = \frac{220 + 120}{2} = 170 \text{ °С.}$$

Коэффициент теплоотдачи калорифера выберем из [3, табл. 1-336]; $k = 20,8$ Вт/(м²·К).

Число необходимых калориферов:

$$N = \frac{F_{\text{кал}}}{F_0} = \frac{87,9}{53,3} = 1,65 \text{ шт.}, \quad (59)$$

где $F_0 = 53,3$ м² – площадь поверхности нагрева калорифера КФБ – 9 [3, табл. 1 – 33а].

Принимаем два калорифера и устанавливаем их по одному по ходу движения воздуха.

Средняя температура воздуха в калорифере:

$$t_{\text{ср}} > \frac{t_0 + t_1}{2} = \frac{20 + 100}{2} = 60 \text{ °С.} \quad (60)$$

Объёмный расход воздуха:

$$V = \frac{L}{\rho_v} = \frac{1,298}{0,96} = 1,35 \text{ м}^3/\text{с}, \quad (61)$$

где $L = 1,298 \text{ кг/с}$ – расход сухого воздуха на сушку в зимних условиях.

Скорость воздуха в живом сечении калорифера:

$$v = \frac{V}{n' \cdot f} = \frac{1,35}{1 \cdot 0,486} = 2,78 \text{ м/с}, \quad (62)$$

где $n' = 1$ – число калориферов в одном ряду; $f = 0,486 \text{ м}^2$ – живое сечение калорифера для воздуха [23, табл. 1 – 33а].

Массовая скорость воздуха:

$$\omega = v \cdot \rho_v = 2,78 \cdot 0,96 = 2,67 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}). \quad (63)$$

По [3, табл. 1 – 33а] для массовой скорости воздуха $\omega = 2,67 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ определяем сопротивление одного ряда калориферов $\Delta p_0 = 3 \text{ мм. вод. ст.}$

Общее сопротивление калориферов:

$$\Delta p_{\text{кал}} = \Delta p_0 \cdot n = 3 \cdot 2 = 6 \text{ мм. вод. ст.} \quad (64)$$

Расход греющего пара:

$$G_{\text{гп}} = \frac{Q_{\text{кал}}}{r \cdot \eta} = \frac{270319,2}{1860000 \cdot 0,9} = 0,161 \text{ кг/с}, \quad (65)$$

где $r = 1860 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$ – удельная теплота конденсации пара [12]; $\eta = 0,9$ – коэффициент, учитывающий потери теплоты в калорифере.

Результаты расчета приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Результаты расчета ленточной сушилки с активным гидродинамическим режимом для сушки гречневой крупы

Показатели и его размерность	Значение
Производительность по сухому продукту $G_{\text{т}}$, кг/ч	91
Производительность по исходному продукту W , кг/ч	27,3
Производительность по испарившейся влаге $G_{\text{мо}}$, кг/ч	127,3
Фактор термообработки $\Phi_{\text{т}}$	0,375
Удельный расход теплоты на нагрев крупы $g_{\text{м}}$, кДж/кг	88,9
Число Рейнольдса Re	639
Число Архимеда Ag	623000
Мощность привода сушилки N , кВт	1,09

Выполненный расчет позволил спроектировать ленточную сушилку с активным гидродинамическим режимом (рисунки 2, 3), которая включает корпус 1, загрузочный бункер 2 с ротационным питателем 17, патрубок 3 для отвода отработанного теплоносителя, два цепных транспортера 4, выгрузочный бункер 5 для выгрузки высушенного продукта из сушилки, патрубок 6 для подвода теплоносителя,

гравитационные ворошители 7, сетчатые пластины 8, верхнюю 9 и нижнюю 14 направляющие, регулируемый привод 10.

В боковых стенках корпуса 1 расположены параллельные горизонтальные пазы 11 с находящимися в них цепными транспортерами 4, на которых с определенным шагом расположены сетчатые пластины 8 (рисунок 4). Параллельные горизонтальные пазы 11 заканчиваются в зоне выгрузки высушенного продукта. Сетчатые пластины 8 шарнирно закреплены с помощью осей 12 на звеньях цепных транспортеров 4. Два цепных транспортера 4 натянуты между четырьмя парами цепных звездочек 13.

На верхней рабочей части цепных транспортеров 4 над сетчатыми пластинами 8 размещены гравитационные ворошители 7, представляющие собой наклонные лопатки 15 клиновидной формы (в лопатках могут также сбоку выфрезерованы пазы), установленные в два последовательно расположенных ряда (рисунок 4). За лопатками 15 установлен выравниватель высоты слоя обрабатываемого продукта 16. Выравниватель высоты слоя 16 устанавливает заданную высоту слоя продукта (см. h на рисунке 3). Число ворошителей 7 определяется физико-химическими свойствами высушиваемого продукта, длиной сушилки и необходимостью равномерного высушивания. Цепные транспортеры 4, с расположенными на них с определенным шагом сетчатыми пластинами 8, приводятся в движение регулируемым приводом 10.

Сходящиеся по плавной траектории верхняя 9 и нижняя 14 направляющие, контактирующие с горизонтальным пазом 11, обеспечивают перемещение сетчатых пластин 8 из вертикального положения в горизонтальное.

Высушиваемый продукт постепенно перемещается вместе с сетчатыми пластинами 8, подвергаясь сушке, к выгрузочному бункеру 5 для удаления высушенного продукта из сушилки. Режим работы регулируемого привода 10 может меняться в зависимости от требуемого режима сушки: он может совершать как непрерывное движение; так и периодическое движение с выстоями.

Гидродинамический режим перемещения высушиваемого продукта в сочетании с заданными параметрами теплоносителя позволяет выбрать оптимальный режим сушки с учетом изменения влагосодержания продукта.

Выгрузка высушенного продукта из сушилки происходит путем опускания переднего края сетчатой пластины 8 в нижнее положение за счет выхода последней из пазов 11. Таким образом, пластины 8, находящиеся в вертикальном положении после выгрузки продукта, по холостой ветви цепных транспортеров 4

возвращаются в начало сушилки. При этом вертикальное положение пластин 8, достигаемое за счет их шарнирного крепления с помощью оси 12 к цепным транспортерам 4, способствует более равномерному распределению теплоносителя, подаваемого из патрубка 6 под пластины 8. Адаптированный в соответствии с

кинетическими закономерностями процесса сушки перемешивание продукта на поверхности сетчатых пластин 8 с помощью ворошителей 7 позволяет выбрать рациональные режимы сушки с учетом изменения влагосодержания продукта по длине сушилки.

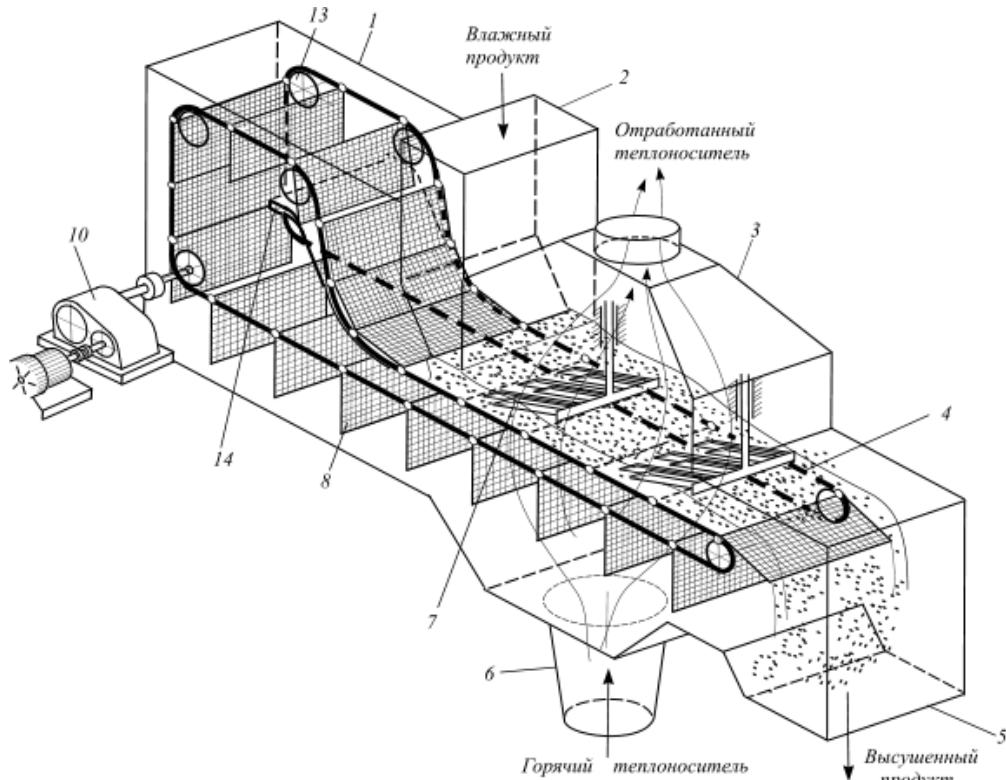


Рисунок 2. Сушилка: 1 – корпус; 2 – загрузочный бункер; 3 – патрубок для отвода отработанного теплоносителя; 4 – цепной транспортер; 5 – выгрузочный бункер; 6 – патрубок для подвода теплоносителя; 7 – гравитационные ворошители; 8 – сетчатые пластины; 9 – верхняя направляющая; 10 – регулируемый привод; 11 – горизонтальные пазы; 12 – оси; 13 – цепные звездочки; 14 – нижняя направляющая; 15 – наклонные лопатки; 16 – выравниватель высоты слоя

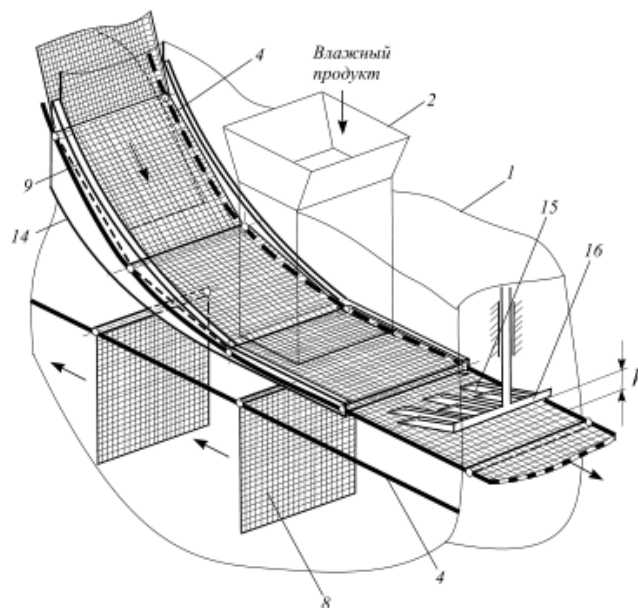


Рисунок 3. Схема перемещения сетчатых пластин из вертикального положения в горизонтальное

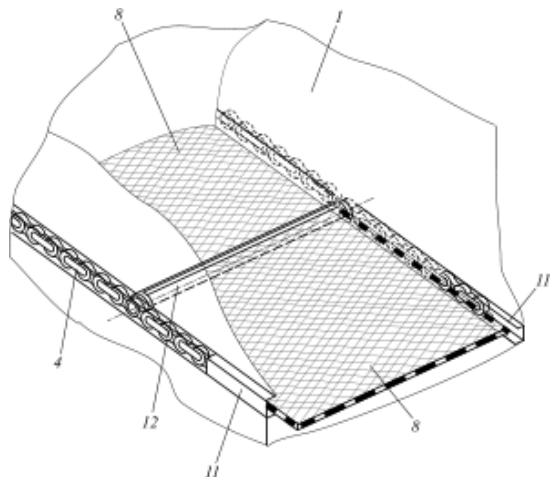


Рисунок 4. Цепной транспортер с сетчатой пластиной

Предлагаемая сушилка имеет следующие преимущества: высокая эксплуатационная надежность из-за отсутствия многочисленных циклов деформации и значительного

истирания сетчатых пластин; достижение равномерной сушки продукта вследствие использования мягких, щадящих режимов пересыпания и перемешивания при максимальном сохранении частиц обрабатываемого продукта за счет рациональной конструкции гравитационного ворошителя; универсализация конструкции сушилки и адаптации ее для сушки различных продуктов, отличающихся физико-механическими свойствами (углом естественного откоса, гранулометрическим составом, адгезией и др.); отсутствие необходимости в переналадке конструкции сушилки для продуктов, отличающихся физико-механическими свойствами (углом естественного откоса, гранулометрическим составом, адгезией и др.); использование пересыпающегося слоя снижает комкование высушиваемого продукта и предотвращает образование агломератов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Гинзбург А.С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов. М.: Пищевая промышленность, 1973. 528 с.
- 2 Лыков А.В. Тепломассообмен. М.: Энергия, 1978. 479 с.
- 3 Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. М.: Химия, 1970. 432 с.
- 4 Лыков М. В. Теория сушки. М.: Энергия, 1966. 236 с.
- 5 Плановский А.Н., Рамм В.М., Коган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. Л.: Химия, 1983. 676 с.

REFERENCES

- 1 Ginzburg A.S. Osnovy teory i tekhniki sushki pishchevyh productov [Fundamentals of the theory and technique of drying foods]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost', 1973. 528 p. (In Russ.).
- 2 Lykov A.V. Teplomassoobmen [Heat and mass transfer]. Moscow, Energiia, 1978. 479 p. (In Russ.).
- 3 Lykov M.V. Sushka v khimicheskoi promyshlennosti [Drying in chemical industry]. Moscow, Khimiia, 1970. 432 p. (In Russ.).
- 4 Lykov A.V. Teoria sushki [Drying theory]. Moscow, Energiia, 1968. 470 p. (In Russ.).
- 5 Planovskii A.N., Ramm V.M., Kagan S.Z. Protsessy i apparaty v khimicheskoi tekhnologii [Processes and devices of chemical technology]. Leningrad, Khimiia, 1983. 676 p. (In Russ.).

УДК 664.346

Профессор В.Н. Василенко, ассистент М.В. Копылов,
старший преподаватель Е.А. Татаренков, магистр С.В. Мошкина
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов
химических и пищевых производств. тел. (473) 255-38-87
E-mail: kopylov-maks@yandex.ru

Professor V.N. Vasilenko, assistant M.V. Kopylov, senior lecturer
E.A. Tatarenkov, master S.V. Moshkina
(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology of fats, pro-
cesses and devices for chemical and food industries. phone (473) 255-38-87
E-mail: kopylov-maks@yandex.ru

Анализ кинетических закономерностей процесса прессования семян рапса методом горячего прессования

The analysis of kinetic regularities of the process pressing rape seeds by hot pressing

Реферат. Из двух существующих методов отжима растительного масла – холодного и горячего, было отдано предпочтение второму. При горячем отжиме из исходного масличного сырья выпрессовывается большая часть масла. Растительные масла являются не только концентрированным источником энергии, но также они содержат ряд жизненно необходимых для человека нутриентов. В статье приведены зависимости производительности шнековых маслопрессов от геометрических характеристик шнека маслопресса, а также от физико-химических свойств исходного масличного сырья. Для определения свойств маслопрессующего оборудования был проведен анализ зависимости конструктивных характеристик от параметров процесса отжима растительных масел методом горячего прессования с последующей их оптимизацией. Приведены данные по экспериментальным исследованиям изменения физико-механических свойств прессуемого масличного материала при прохождении его через шнековый маслопресс. В качестве масличного материала использовали семена рапса. В ходе экспериментальных исследований были выявлены следующие основные кинетические закономерности изменения, происходящие по длине шнекового вала: масличности прессуемого материала; объемного веса материала; влажности прессуемого материала; величины объемной теоретической производительности; фактической объемной производительности; теоретической степени сжатия; фактической степени прессования, а также изменение фактической степени прессования вдоль длины шнекового вала относительно материала, находящегося в пределах первого витка шнека и коэффициента объемного использования материала на участках от предпоследнего витка шнекового вала до выхода. В результате обработки экспериментальных данных установлено, что производительность маслопресса зависит от совокупности конструктивных параметров шнекового вала, зерновой камеры, а также от физико-механических свойств прессуемого материала.

Summary. There are two methods pressed vegetable oil - cold and hot, preference was given to the second. In hot pressed from the original oilseeds pressed out most of the oil. Vegetable oils are not only concentrated source of energy, but they also contain a number of essential nutrients for humans. The article presents the dependence of the performance of screw oil press on the geometric characteristics of the screw oil press, as well as the physicochemical properties of the source of oilseeds. To determine the properties of the oil press equipment was analyzed according to the design characteristics of the process parameters pressed vegetable oils by hot pressing with subsequent optimization. The data on the experimental studies of changes in physical and mechanical properties of the molded oilseed material as it passes through the screw oil press. As the material used oilseed rape seeds. In experimental studies have identified the following principal kinetic changes occurring along the length of the screw shaft: mount compressible material; bulk density of the material; humidity compressible material; theoretical values volumetric productivity; actual volumetric efficiency; theoretical compression ratio; the actual degree of compaction and the degree of change of the actual compression along the length of the screw shaft relative to the material located within the first turn of the screw and the bulk material on the sites of use of the penultimate turn of the screw shaft to the output. Treatment of experimental data, that the performance depends on a combination of oil press design parameters of the screw shaft cereal chamber and the physicomachanical properties of the molded material.

Ключевые слова: кинетические кривые, масличные культуры, горячее прессование, семена рапса

Keywords: kinetic curves, oilseed, hot pressing, rape seeds

Важной тенденцией в развитии российского рынка масложирового сырья является его диверсификация и многократный рост производства и переработки альтернативных масличных культур, таких как соя и рапс. Так в 2001 г. про-

изводство прочих растительных масел, помимо подсолнечного, составляло 74 тыс. тонн, а к 2014 г. оно достигло 600 тыс. тонн [3].

© Василенко В.Н., Копылов М.В.,
Татаренков Е.А., Мошкина С.В., 2014

Изучение влияния основных характеристик шнекового прессования растительного масличного сырья на процесс отжима растительного масла, а также качество готового продукта, позволяет значительно глубже понять, а также оценить физические характеристики данного процесса.

Существует два способа прессования – холодный и горячий. При холодном способе мятка отжимается без предварительной тепловой обработки [4].

При горячем способе мятку увлажняют паром до содержания влаги в ней до 10-12 %, нагревают до 80-90 °С. При этом способе из масличного сырья отжимается большая часть растительного масла [5].

Из анализа процесса горячего прессования следует, что внутренние характеристики системы прессующего оборудования являются функцией нескольких множеств независимых друг от друга переменных. При этом внешние и внутренние параметры образуют совокупность значений, которую можно представить в виде многомерной поверхности параметров, которые характеризуют режим процесса отжима растительных масел в каждой конкретной точке маслопрессующего оборудования [1].

Для определения свойств маслопрессующего оборудования необходим анализ этой многомерной поверхности параметров процесса отжима растительных масел методом горячего прессования с последующей их оптимизацией.

Экспериментальные исследования проводились по определению изменения физико-механических свойств прессуемого масличного материала при прохождении его через шнековый маслопресс. В качестве масличного материала использовались семена рапса.

В ходе экспериментальных исследований были определены:

- насыпной вес масличных культур;
- масличность культур, а также их влажность;
- производительность маслопресса по полученному жмыху;
- масличность, объемный вес, а также влажность жмыха;
- количество масла, вырабатываемое в каждой определенной точке зерной камеры маслопресса (для отбора масла был изготовлен специальный цилиндрический кожух с разделяющими перегородками (рисунок 1), который крепился на зерную камеру таким образом, чтобы масло отводилось из каждой секции с помощью отдельных штуцеров со шлангами,

после чего собиралось, и определялся его объем в каждой секции);

– масса фуза после отстаивания растительного масла;

– масличность, удельный вес и влажность материала, находящегося в маслопрессе в участках напротив витков шнека и промежуточных колец;

– фактическое число оборотов шнекового вала (определялось при помощи счетчика импульсов СИ8);

– величина кольцевого зазора между зерной камерой и наружной поверхностью шнекового вала в месте выхода жмыха, а также величина зазора между зерными пластинами камеры маслопресса [2].

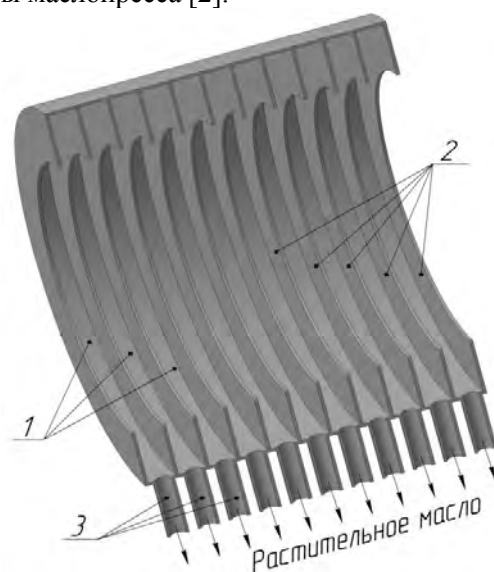


Рисунок 1. Цилиндрический кожух: 1 – секция, 2 – перегородка, 3 – штуцер

Результаты обработки данных представлены в виде кривых на графике (рисунок 2).

Из графика виден выход масла на определенном участке зерной камеры маслопресса в течении 15 минут продолжительности проведения эксперимента.

Кривая I характеризует изменение масличности прессуемого материала. Из анализа данной кривой видно, что масличность материала, поступившего в загрузочную воронку, составляла 44,7 %, а масличность выходящего жмыха – 15,4 %.

Кривая II показывает изменение объемного веса материала в процессе прессования по всей длине шнекового вала. Первая точка на кривой II, отмеченная цифрой 0,61, означает, что насыпной вес поступающей в питатель маслопресса мезги был равен 0,61 кг/дм³.

Последняя точка кривой II показывает объемный вес жмыха, который по экспериментальным данным составил $1,37 \text{ кг/дм}^3$.

Кривая III характеризует изменение влажности прессуемого материала вдоль длины шнекового вала маслопресса. При этом величина влажности на кривой III, равная $5,85 \%$, соответствует мезге, которая поступила в питатель маслопресса из жаровни, а влажность выходящего из маслопресса жмыха составляет $6,41 \%$.

На кривой IV изображены величины объемной теоретической производительности маслопресса в $\text{дм}^3/\text{об.}$ по различным сечениям вдоль всей длины шнекового вала.

Кривая V показывает значения фактической объемной производительности. Ее определение для каждого соответствующего сечения проводилось в обратной последовательности, а именно, от выходного сечения до питателя.

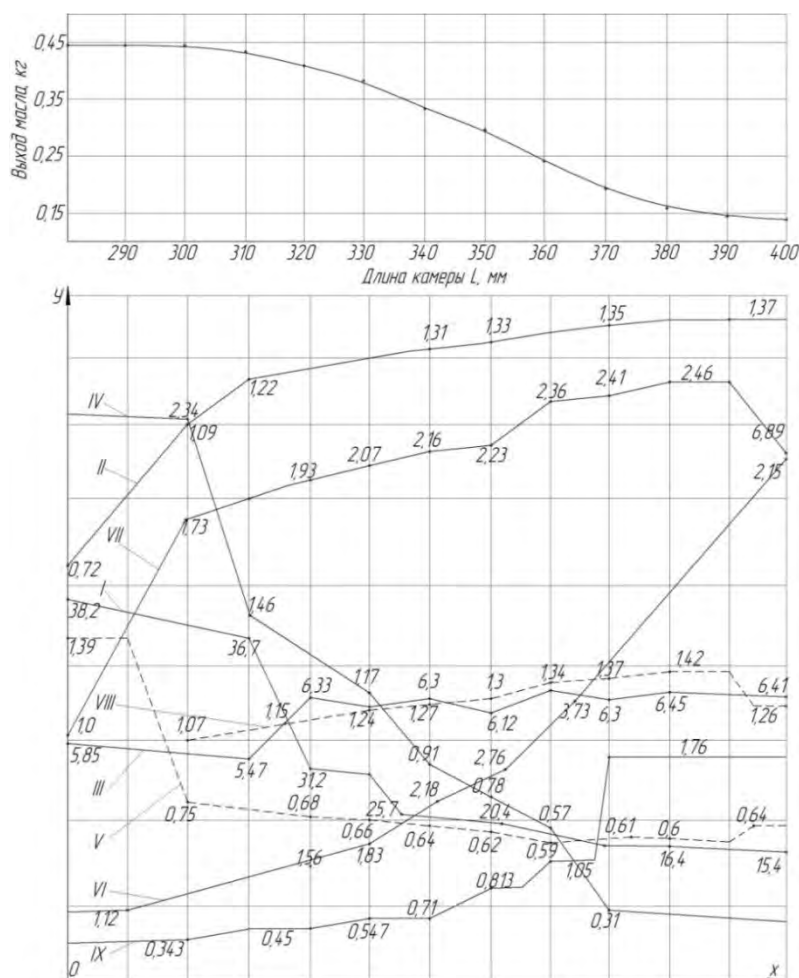


Рисунок 2. Графическое представление характеристик маслопресса: верхний график – изменение выхода масла по длине зерновой камеры; на нижнем графике изменение по длине камеры маслопресса: I – масличности прессуемого материала, %; II – объемного веса материала, кг/дм^3 ; III – влажности материала, %; IV – объемной теоретической производительности, $\text{дм}^3/\text{об.}$; V – фактической производительности, $\text{дм}^3/\text{об.}$; VI – степени сжатия; VII – фактической степени сжатия от питателя до зерра; VIII – фактической степени сжатия в зерновой камере; IX – отклонение от теоретической объемной производительности

При этом стоит отметить, что производительность для сечений в пределах последнего и предпоследнего витка шнекового вала превышает расчетную теоретическую производительность. При этом степень повышения для последних сечений легко проследить по кривой IX, которая представляет изменение коэффициентов объемного использования материала вдоль всей длины шнекового вала маслопресса [1].

Кривая VI характеризует изменение теоретической степени сжатия масличного материала по длине шнекового вала. Величины теоретической степени сжатия получены как результат отношения теоретической объемной производительности первого шнекового витка к теоретической объемной производительности последующих витков шнекового вала.

Кривая VII представляет характер изменения фактической степени прессования масличного материала вдоль длины шнекового вала относительно мезги, поступившей из жаровни в питатель маслопресса.

На кривой VIII показано изменение фактической степени прессования вдоль длины шнекового вала относительно материала, находящегося в пределах первого витка шнека.

Фактическая степень сжатия материала, поступившего в питатель маслопресса из жаровни, не превышает 2,46, в самом же маслопрессе от участка в пределах от первого витка до выхода не превышает 1,46 и резко отличается

от величины теоретически исчисленной степени сжатия масличного материала.

Из кривой IX видно, что коэффициент объемного использования материала на участках от предпоследнего витка шнекового вала до выхода выше единицы, а для сечений в пределах последнего витка он составляет 1,76.

Таким образом, в результате обработки экспериментальных данных было установлено, что производительность шнекового маслопресса зависит от совокупности конструктивных параметров шнекового вала, зерновой камеры, а также от физико-механических свойств прессуемого материала.

ЛИТЕРАТУРА

1 Остриков А.Н., Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Копылов М.В. Новое в технологии купажирования растительных масел: монография. Воронеж: ВГУИТ, 2013. 225 с.

2 Василенко В.Н., Копылов М.В. Исследование кинетических закономерностей процесса извлечения растительных масел в шнековом маслопрессе // Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 10-12.

3 Василенко В.Н., Баутин В.М., Фролова Л.Н., Драган И.В. Улучшение системы менеджмента качества масложирового предприятия на основе совершенствования технологических процессов // Вестник ВГУИТ. 2012. № 1. С. 183-187.

4 Василенко В.Н., Копылов М.В., Фролова Л.Н., Таркаев Ю.А. Инновационные композиции растительных масел с оптимизированным жирнокислотным составом // Актуальная биотехнология. 2012. № 4 (3). С. 8-10.

5 Василенко В.Н., Копылов М.В., Таркаев Ю.В. Эксергетический анализ технологии холодного отжима растительного масла с получением гранулированного жмыха // Вестник ВГУИТ. 2013. № 1. С. 30-37.

REFERENCES

1 Ostrikov A.N., Vasilenko V.N., Frolova L.N., Kopylov M.V. Novoe v tekhnologii kupazhirovaniia rastitelnykh masel [New technology blending vegetable oils]. Voronezh: VGUIT, 2013. 225 p. (In Russ.).

2 Vasilenko V.N., Kopylov M.V. The study of kinetics of the extraction process of vegetable oils in the screw oil press. *Vestnik VGUIT*. [Buletin of VSUET], 2012, no. 1, pp. 10-12. (In Russ.).

3 Vasilenko V.N., Bautin V.M., Frolova I.V., Dragan I.V. Improving the quality management system oil and fat enterprise by improving processes. *Vestnik VGUIT*. [Buletin of VSUET], 2012, no. 1, pp. 183-187. (In Russ.).

4 Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Frolova L.N., Tarkaev Iu.V. Innovative composition of vegetable oils with optimized fatty acid composition. *Aktual'naiia biotekhnologiiia*. [Actual biotechnology], 2012, no. 4 (3), pp. 8-10. (In Russ.).

5 Vasilenko V.N., Kopylov M.V., Tarkaev Iu.V. Exergy analysis technology of cold-pressed vegetable oil to give a granular. *Vestnik VGUIT*. [Buletin of VSUET], 2013, no. 1, pp. 30-37. (In Russ.).

УДК 664.727

Аспирант Д.С. Кочанов

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

тел. (473) 255-38-51

E-mail: reglan2@rambler.ru

Graduate D.S. Kochanov

(Voronezh state university of engineering technology) Department of Technology bread, macaroni, confectionery and grain-processing plants.

tel (473) 255-38-51

E-mail: reglan2@rambler.ru

Влияние засоренности зерна на процесс микронизации

Influence of grain debris on the micronization process

Реферат. Исследовано влияние содержания сорной, минеральной и металломагнитной примеси в зерновом сырье на процесс микронизации. В лабораторных и производственных условиях проведены исследования по изучению влияния содержания примеси в обрабатываемом зерне, отличающейся размерами, плотностью и металломагнитными свойствами, на процесс микронизации. Содержание сорной примеси в фуражном зерне ячменя, пшеницы и кукурузы согласно действующим стандартам на зерно должно соответствовать базисным кондициям и не превышать 5 %, в том числе минеральной примеси - 1,0 %. Нет ограничений на металломагнитную и органическую примеси. Установлена зависимость коэффициента очистки от минеральной примеси при различной производительности камнеотборника. Наиболее эффективно, 95-98 %, из зерна (в частности, из ячменя на котором проводились эти исследования) выделяется галька, т.е. минеральная примесь, плотность которой почти в два раза больше плотности ячменя. Комочки земли, плотность которых практически не отличается от плотности ячменя, выделяются максимально на 70 %. Установка в цехе микронизации зернового сепаратора, камнеотборника и магнитного сепаратора привела к повышению надежности работы технологического оборудования и стабильности процесса микронизации. За полтора года после реконструкции цеха не было отмечено выхода из строя узлов плющилки. Особенно важным фактором является повышение продолжительности эксплуатации рабочей поверхности валков плющилки до гарантируемого фирмой срока (не менее 1 года).

Summary. Effect of weed, mineral and metallomagnetic impurities in the grain feedstock to micronization process was investigated. In laboratory and production conditions conducted a study on the influence of the impurity content in the treated grain, different size, density and metallomagnetic properties on the process of micronization. Trash content in feed grains of barley, wheat and corn according to current standards for grain must match the basic approach, and do not exceed 5 %, including mineral impurities - 1.0%. No restrictions on metallomagnetic and organic impurities. Dependence of the clearing of mineral impurities in various capacities device for separating stones was installed. Most effectively, 95-98 % grain (especially barley where these studies were carried out) allocated pebbles, i.e. mineral impurity density which is almost twice the density of barley. Lumps of earth, the density of which is virtually identical to the density of barley allocated a maximum of 70%. Setting in the shop micronization grain separator and magnetic separator device for separating stones led to increase the reliability of the process equipment and process stability micronization. Year and a half after the reconstruction of the workshop there were no failure nodes of device for flattening. A particularly important consideration is to increase the duration of exploitation of the working surfaces of the rolls crusher to guaranteed by period (not less than 1 year).

Ключевые слова: микронизация, зерно, засоренность.

Keywords: micronization, grain, debris.

В лабораторных и производственных условиях проведены исследования по изучению влияния содержания примеси в обрабатываемом зерне, отличающейся размерами, плотностью и металломагнитными свойствами, на процесс микронизации.

По результатам исследований установлено, что эффективность работы технологического оборудования цеха микронизации в значительной степени зависит от содержания в зерне сорной примеси и, особенно, от наличия в зерне крупной минеральной и металломагнитной примеси [1]. Содержание частиц гальки, руды, шлака и металла с размерами частиц более 1,2 мм приводит к нарушению стабиль-

ности процесса плющения. Так работа цеха микронизации в течение всего 40 часов на неочищенном зерне привела к значительному разрушению рифленной поверхности валков плющилки. Было насчитано около 400 вмятин и засечек, видимых невооруженным глазом, что при более продолжительной работе привело бы к разрушению рифленной поверхности валков. Наряду с этим, за счет больших радиальных нагрузок, образуемых при проходе крупных примесей через межвалцевый зазор, вышел из строя опорный подшипник плющилки, что привело к заклиниванию валков и выходу из строя механизма межвалковой передачи.

© Кочанов Д.С., 2014

Все это резко снижало работу механизмов плющилки и ухудшало качество вырабатываемых хлопьев.

Содержание сорной примеси в фуражном зерне ячменя, пшеницы и кукурузы согласно действующим стандартам на зерно должно соответствовать базисным кондициям и не превышать 5 %, в том числе минеральной примеси - 1,0 %. Нет ограничений на металломагнитную и органическую примеси.

Анализ опытов по изучению засоренности партий зернового сырья, поступающего на Новобелицкий комбикормовый завод, показал (таблица 1) что содержание сорной примеси, как правило, не превышало базисных кондиций. Это же относится и к наличию минеральной примеси, за исключением одной партии ячменя, в которой содержание минеральной примеси достигало 1,27 %.

Очистка исследуемых партий зерна на воздушно-ситовом сепараторе с ситами, установленными согласно «Правилам организации и ведения технологического процесса производства продукции комбикормовой промышленности», снижает содержание минеральной

примеси до 80 % и более. При этом не было установлено превышение содержанием данной примеси базисных кондиций.

Однако в партиях зерна, прошедших очистку на зерновых сепараторах, оставалось до 0,63 % минеральной примеси, которая являлась проходом сортировочного (полотна решетные с круглыми отверстиями № 160) и сходом подсева сита (полотна решетные с круглыми отверстиями № 12). Эта фракция минеральной примеси по крупности частиц соответствовала размерам ограничительных отверстий сит сепаратора и отделить ее от массы зернового сырья при помощи воздушно-ситового сепаратора практически невозможно.

В то же время, результатами исследований было установлено, что такое содержание минеральной примеси существенно влияет на рабочую поверхность рифленых валков. Так в процессе плющения очищенного на сепараторе зерна в течение суток наблюдалось появление на поверхности валков до 40 вмятин и насечек, что за два месяца работы плющилки привело к полному износу рабочей поверхности валков и их замене.

Таблица 1

Содержание сорной, минеральной и металломагнитной примеси в зерновом сырье

Вид зерна	Содержание, %				Содержание, мг/кг	
	Сорной примеси до очистки	Минеральной примеси до очистки	Минеральной примеси после ситовоздушного сепаратора	Минеральной примеси после камнеотборника	Металломагнитной примеси до очистки	Металломагнитной примеси в очищенном зерне
Пшеница	3,12	0,18	0,08	0,005	22,5	следы
	1,37	0,45	0,13	0,020	33,2	следы
	2,59	0,64	0,28	0,004	0,7	следы
	2,32	0,72	0,34	0,090	24,5	следы
	0,63	0,14	0,01	0,002	14,7	следы
	4,80	0,77	0,57	0,003	41,8	следы
	2,45	0,41	0,23	0,001	28,6	следы
X±Δ	2,47±0,89	0,47±0,20	0,23±0,14	0,018±0,021	23,7±9,5	следы
Ячмень	0,73	0,18	0,10	0,004	13,4	следы
	3,70	0,55	0,27	0,030	60,3	следы
	4,69	0,42	0,20	0,050	10,4	следы
	1,78	0,23	0,16	0,002	35,5	следы
	3,15	1,27	0,63	0,120	32,3	следы
	1,60	0,65	0,36	0,080	26,5	следы
	0,95	0,22	0,03	0,002	18,0	следы
	3,85	0,84	0,55	0,040	46,0	следы
X±Δ	2,56±1,29	0,55±0,28	0,29±0,17	0,041±0,032	30,3±13,2	следы
Кукуруза	0,51	0,12	0,07	0,002	21,7	следы
	3,48	0,34	0,17	0,030	44,4	следы
X±Δ	2,0±1,49	0,23±0,11	0,12±0,05	0,016±0,014	33,1±11,4	следы

В то же время, по рекомендациям фирмы «Микронайзинг», гарантируемый срок эксплуатации валков без повторной нарезки рифлей не менее года.

Для эффективного выделения этой примеси, как показывает практика очистки зерна в мукомольном и крупяном производстве, применяют вибропневматические камнеотборники серии БКМ-6.

Анализ опытов по очистке зерна на камнеотборнике БКМ-6, работающем в паспортном режиме позволил установить (таблица 1), что эффективность отделения этой минеральной примеси составляла более 80 %. Во всех анализируемых образцах зерна она не превышала 0,12 %. При этом следует отметить, что чем крупнее частица минеральной примеси и выше ее плотность, тем эффективнее она отделяется от массы очищенного зерна.

Наиболее эффективно, 95-98 %, из зерна (в частности, из ячменя на котором проводились эти исследования) выделяется галька, т.е. минеральная примесь, плотность которой почти в два раза больше плотности ячменя. Комочки земли, плотность которых практически не отличается от плотности ячменя, выделяются максимально на 70 % (рисунок 1).

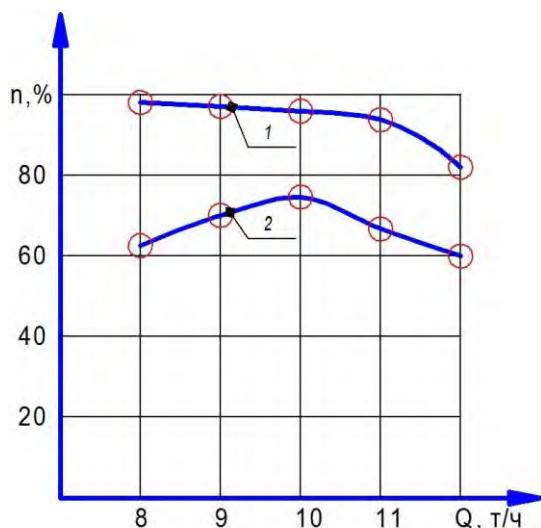


Рисунок 1. Зависимость коэффициента очистки от минеральной примеси при различной производительности камнеотборника: 1 – галька; 2 – частицы земли

Поэтому в анализируемых образцах зерна после камнеотборника оставшаяся минеральная примесь в основном состояла из частиц земли (частицы земли, смешанной с частицами органической примеси муки и т. д.), которые из-за своих невысоких прочностных свойств практически не оказывают влияние на рабочую поверхность валков плющилки.

Кроме этого, камнеотборник эффективно отделяет от массы зерна и металломагнитную примесь с размерами частиц более 1,2 мм, а установка в линию очистки зерна магнитного сепаратора УЗ-ДКМ-01 практически свела на нет присутствие данной смеси. В анализируемых образцах зерна были отмечены только следы металломагнитной примеси.

Наличие в обрабатываемом зерне органической примеси также может отражаться на процессе микронизации зерна. При интенсивном ИК-нагреве зерна и невысокой влажности частиц листьев, стеблей, стержней, пленок возможно их возгорание и обугливание, что снижает товарный вид и качество готовой продукции. Наряду с этим повышается пожарная опасность в цеху.

Однако результаты определения наличия органической примеси в анализируемых партиях зерна позволили отметить, что ее содержание очень незначительное, выражаемое в сотых долях процента.

Последующая очистка на воздушно-ситовом сепараторе и вибропневматическом камнеотборнике почти полностью отделяют органическую примесь. В образцах зерна установлены только отдельные ее следы.

Поэтому данная примесь при нагреве очищенного зерна практически не оказывала влияния на процесс микронизации.

Таким образом, установка в цехе микронизации зернового сепаратора, камнеотборника и магнитного сепаратора привела к повышению надежности работы технологического оборудования и стабильности процесса микронизации. За полтора года после реконструкции цеха не было отмечено выхода из строя узлов плющилки. Особенно важным фактором является повышение продолжительности эксплуатации рабочей поверхности валков плющилки до гарантируемого фирмой срока (не менее 1 года).

ЛИТЕРАТУРА

1 Зверев С.В. Высокотемпературная микронизация в производстве зернопродуктов. М.: ДеЛи принт, 2009. 221 с.

REFERENCES

1 Zverev S.V. Vysokotemperaturnaia mikronizatsiia v proizvodstve zernoproduktov [High micronization in the production of cereals]. Moscow, DeLi print, 2009. 221 p. (In Russ.).

УДК 66.061

Профессор Ю.И. Шишацкий, инженер С.Ю. Плюха,
аспирант С.С. Иванов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра промышленной энергетики

тел. (473) 279-98-22

E-mail: d.pluxa@yandex.ru

Professor Yu.I. Shishatskii, engineer S.Iu. Pliukha,
graduate S.S. Ivanov

(Voronezh state university of engineering technology) Department of industrial energetic

tel. (473) 279-98-22

E-mail: d.pluxa@yandex.ru

Определение коэффициентов диффузии экстрактивных веществ в люпине

Determination of diffusion coefficients of extractives in lupine

Реферат. Работа представлена двумя разделами: теоретическим и прикладным. В первом разделе приведено уравнение для расчёта поля концентрации. С целью получения дополнительной физической информации о процессе записаны начальные и граничные условия. Приведено уравнение, являющееся обобщённым теоретическим решением для различных геометрических форм материала: шара, неограниченного цилиндра и неограниченной пластины. С учётом условий экстрагирования записаны выражения, привлекательность которых состоит в их пригодности для расчёта массового потока целевых компонентов из капилляра с известной площадью поверхности. Представленные теоретические сведения дали возможность получить уравнения для расчёта коэффициентов диффузии в материале (формы: шар, неограниченный цилиндр, неограниченная пластина). Интуиция подсказывает, что эти уравнения справедливы для всех видов сырья растительного происхождения с капиллярнопористой структурой, поскольку вытекают из базового уравнения, записанного Г.А. Аксельрудом и В.М. Лысянским. Так, например, были рассчитаны коэффициенты диффузии при экстрагировании жидким диоксидом углерода из зёрен ячменя, плодов жёлудя и корней цикория, измельчённых в крупку и лепесток. Прикладная часть работы посвящена расчёту коэффициентов диффузии в люпине при экстрагировании подсырной сывороткой и анализу результатов, используя с этой целью экспериментальный материал по кинетике процесса, сформулированы предпосылки при количественной интерпретации. Например, частицы люпина имели форму шара, цилиндра и пластины и, поскольку один из их размеров превышает каждый из оставшихся в четыре или более раз, то частицы можно рассматривать как неограниченные тела. Поэтому в них устанавливается одномерный диффузионный поток в направлении минимального размера. Результаты расчётов коэффициентов диффузии для всех форм материала представлены графиками, из которых видно, что кривые располагаются близко друг к другу и их можно представить одной обобщённой зависимостью $D(\tau)$. Дана количественная оценка результатов. Получено также одно значение коэффициента диффузии, с этой целью определен угловой коэффициент прямого участка, являющегося областью регулярного режима. Сделан вывод, что выполненные исследования не противоречат современным представлениям о механизме экстрагирования.

Summary. The work is presented by two sections: theoretical and applied. In the first section the equation for calculating concentration fields is given. To obtain additional physical information about the process the initial and boundary conditions were recorded. The equation which is the generalised theoretical decision for various geometrical forms of a material is resulted: a sphere, an unlimited cylinder and an unlimited plate. Taking into account the extracting conditions the expressions were written the attractiveness of which is in their suitability for the calculation of the mass flow of the target components of the capillary with a known surface area. The presented theoretical data gave the chance to obtain the equations for calculation of diffusion factors in the material (forms: a sphere, an unlimited cylinder, an unlimited plate). The intuition prompts that these equations are fair for all kinds of raw materials of the plant origin with the capillary porous structure as follow from the base equation which was written down by G.A. Akselrud and V.M. Lysiansky. So diffusion factors, for example, were calculated at the extraction by liquid carbon dioxide from barley grains, acorn fruits and chicory roots crushed into grains and petal. The applied part of work is devoted to the calculation of diffusion factors in a lupine at the extraction by cheese whey and to the analysis of results, using for this purpose experimental data on the kinetics of the process, background in quantitative interpretation was formulated. For example, the lupine particles had the form of a sphere, a cylinder and a plate and as one of their sizes exceeds each of remained in four or more times so the particles can be considered as unlimited bodies. Therefore, one-dimensional diffusion flux towards the minimum size takes place in them. The results of diffusion factors calculations for all forms of material are presented by schedules from which it is obvious that the curves are close to each other and it is possible to present them with one generalised equation $D(\tau)$. The quantitative evaluation of the results is given. One value of diffusion factor is also received, for this purpose the angular coefficient of the straight section being the area of the regular mode was determined. The conclusion is made that the researches carried out do not contradict to modern representations about the extracting mechanism.

Ключевые слова: экстрагирование, геометрическая форма люпина, выход экстрактивных веществ, коэффициент диффузии.

Keywords: extracting, extracting, the lupine geometric shape, extractive substances output, the diffusion coefficient.

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

Скорость процесса экстрагирования из люпина – сырья растительного происхождения с капиллярной структурой – определяется скоростью молекулярной диффузии (или просто диффузии) целевого компонента. Предполагается, что процесс не осложнён химическим взаимодействием на границе раздела фаз. При диффузии вещество переходит из одной части системы в другую вследствие беспорядочных движений атомов и молекул [1].

Согласно первому закону Фика [2] в изотропной среде количество диффундирующего вещества j , переходящее в единицу времени через единицу площади поперечного сечения, пропорционально градиенту концентрации, измеряемому по нормали к этому сечению:

$$j = -D \text{grad} C, \quad (1)$$

где D – коэффициент диффузии; C – концентрация диффундирующего вещества.

Следствием закона Фика является дифференциальное уравнение диффузии:

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

где τ – время, x – координата.

Запишем уравнение для расчёта поля концентраций (распределение целевого компонента в объёме частицы) [3, 5]:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right). \quad (3)$$

Это уравнение можно переписать иначе:

$$\frac{\partial C}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial \xi^2} + \frac{\Gamma}{\xi} \cdot \frac{\partial C}{\partial \xi} \right), \quad (4)$$

где ξ – постоянная координата, которая для пластины равна x , для шара и цилиндра равно r ; r – расстояние от оси; Γ – постоянная, величина которой зависит от геометрической формы частиц (для частиц плоской формы (пластины) $\Gamma = 0$, для протяжённых частиц цилиндрической формы $\Gamma = 1$, и для шара $\Gamma = 2$ [1, 6].

С целью получения исчерпывающей физической информации о процессе дополним уравнение (3) условиями однозначности.

Начальное условие:

$$C(x, y, z, 0) = C_0, \quad (5)$$

или

$$\mu(x, y, z, 0) = \mu_0, \quad (6)$$

где C_0 – начальная концентрация компонента в порах; μ – вязкость жидкости в капиллярах; μ_0 – химический потенциал, соответствующий концентрации C_0 .

Начальное условие (5) представляет собой известное распределение концентрации в исследуемом объёме в начальный момент времени.

Сформулируем граничное условие третьего рода для уравнения (4). В нашем случае рассматривается задача о распределении концентрации в твёрдом теле и в этом теле имеет место диффузионный массоперенос. При этом экстрагент с присутствием в нём целевого компонента обтекает наружную поверхность тела [9]. Тогда граничное условие третьего рода имеет вид:

$$-D_M \left(\frac{\partial C}{\partial n} \right)_n = \beta (C_n - C_1), \quad (7)$$

где D_M – коэффициент массопроводности; n – расстояние по нормали к поверхности пористой частицы; β – коэффициент массоотдачи; C_1 – концентрация целевого компонента во внешней среде; индекс « n » означает поверхность.

Используя дифференциальное уравнение молекулярной диффузии (4) при краевых условиях (5) и (7), можно установить распределение концентраций по объёму тела во времени [2]. Для упрощения решения предлагается использовать изменение среднего значения $\bar{C}$ по объёму тела.

Тогда обобщённое теоретическое решение для шара, неограниченной пластины и неограниченного цилиндра запишется в виде:

$$\frac{\bar{C} - C}{C_0 - C_1} = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{4(\nu + 1) \cdot Bi_m^2}{\mu_n^2 (Bi_m^2 - 2\nu \cdot Bi_m + \mu_n^2)} \cdot e^{-\mu_n^2 D \tau / R^2}, \quad (8)$$

где $\nu = +1/2$ для шара; $\nu = -1/2$ для неограниченной пластины; $\nu = 0$ для неограниченного цилиндра; Bi_m – массообменный (диффузионный) критерий Био – соотношение между внутренним и внешним диффузионными сопротивлениями, $Bi_m = \beta \cdot R / D_m$; R – определяющий размер (для шара и неограниченного цилиндра – радиус, для неограниченной пластины – половина толщины пластины); μ_n – корни характеристического уравнения.

Используя [7], находим:

$$\text{ctg} \mu = \frac{\mu}{Bi_m}, \quad (8)$$

$$\frac{J_{\nu+1}(\mu)}{J_{\nu}(\mu)} = \frac{Bi_m}{\mu}, \quad (9)$$

где $J_{\nu+1}$ и J_{ν} – функции Бесселя, индекс которых равен целому числу плюс 1/2, выражаются через тригонометрические функции.

Основываясь на [1, 2], запишем:

$$J_{-1/2}(\mu) = \sqrt{\frac{2}{\pi\mu}} \cos \mu; \quad J_{1/2}(\mu) = \sqrt{\frac{2}{\pi\mu}} \sin \mu;$$

$$J_{3/2}(\mu) = \sqrt{\frac{2}{\pi\mu}} \left(\frac{\sin \mu}{\mu} - \cos \mu \right). \quad (10)$$

Корни характеристических уравнений μ_n и коэффициенты при экспонентах B_n в (7) в зависимости от критерия Bi_m приведены в [2].

Поток растворённого вещества j с поверхности F полуограниченного тела является первостепенной характеристикой процесса. А.В. Лыков получил следующее решение при такой постановке задачи:

$$j = \beta \cdot F \cdot \Delta C e^{y^2} \cdot \operatorname{erfc} y, \quad (11)$$

где $\Delta C = C_0 - C_1$; $y = \beta \sqrt{\frac{\tau}{m_p D_M}}$ (β – коэффициент массоотдачи, m_p – пористость полуограниченного тела); $\operatorname{erfc} y = 1 - \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^y e^{-y^2} \cdot dy$ – табулированная функция [4].

Уравнение (11) упрощается в случае интенсивной массоотдачи, либо в случае длительного промежутка времени. Путём предельного перехода (2) при $y \rightarrow \infty$ из (11) вытекает:

$$j = F \Delta C \sqrt{\frac{m_p D_M}{\pi \tau}} \quad (12)$$

Привлекательность уравнений (11) и (12) заключается в том, что они пригодны для расчёта массового потока целевых компонентов из капилляра с известной площадью поверхности F . Значение пористости полуограниченного тела в этом случае $m_p = 1$.

На основании вышеизложенного можно получить кинетическую кривую процесса:

$$\ln \frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} = f(\tau).$$

Ограничиваются в уравнении (7) первым её членом, поскольку определённая доля извлечённого компонента соответствует моменту времени τ_1 :

$$\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} = B_1 e^{-\mu_1^2 D \tau / R^2}. \quad (13)$$

Здесь B_1 и μ_1 – константы. Когда $Bi_m = \infty$, то B_1 и μ_1 принимает значения: $B_1 = \frac{8}{\pi^2}$,

$\mu_1 = \frac{\pi}{2}$ – для неограниченной пластины;

$B_1 = \frac{6}{\pi^2}$, $\mu_1 = \pi$ – для шара; $B_1 = 0,69$, $\mu_1 = 2,4$ – для неограниченного цилиндра.

Прологарифмировав уравнение (13) [10]:

$$\ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right) = \ln B_1 + \ln e^{-\mu_1^2 D \tau / R^2}, \quad (14)$$

или

$$\ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right) = \ln B_1 - \mu_1^2 \frac{D \tau}{R^2} \ln e. \quad (15)$$

или

$$\ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right) = \ln B_1 - 0,998 \mu_1^2 \frac{D \tau}{R^2}. \quad (16)$$

С целью определения коэффициента молекулярной диффузии перепишем уравнение (16):

$$\ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right) - \ln B_1 = \left(-0,998 \mu_1^2 \frac{D \tau}{R^2} \right). \quad (17)$$

Уравнение (17) после подстановки вместо констант B_1 и μ_1 из значений для неограниченной пластины имеет вид:

$$\ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right) - \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \right) = \left(\frac{-0,998 \mu_1^2 \cdot D \tau}{4 \cdot R^2} \right). \quad (18)$$

Разделив левую и правую части равенства (18) на (-1) и используя основное свойство пропорции, получим основное выражение для расчёта коэффициента диффузии:

$$D = \frac{4R^2}{0,998 \cdot \pi^2 \cdot \tau} = \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \right) + \ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right) \quad (19)$$

или

$$D = \frac{4,01R^2}{\pi^2 \cdot \tau} = \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \right) + \ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right). \quad (20)$$

Таким образом, уравнение (20) позволяет рассчитать коэффициент диффузии для формы тела – неограниченная пластина.

Аналогично получено уравнение для определения D (форма тела – шар) [20]:

$$D = \frac{R^2}{0,998 \pi^2 \cdot \tau} = \ln \left(\frac{6}{\pi^2} \right) + \ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right). \quad (21)$$

Нами выписано также уравнение для расчёта коэффициента диффузии D (форма тела – неограниченный цилиндр):

$$D = \frac{R^2}{0,998 \cdot 2,4 \cdot \tau} = \ln(0,69) + \ln \left(\frac{\bar{C} - C_1}{C_0 - C_1} \right). \quad (22)$$

По приведённым уравнениям (20), (21) были рассчитаны коэффициенты диффузии при экстрагировании целевых компонентов жидким диоксидом углерода из зёрен ячменя, плодов жёлудя и корней цикория, измельчённых в крупку (форма тела – шар) и в лепесток (форма тела – неограниченная пластина). Результаты приведены в [10].

Интуиция подсказывает, что приведённые соотношения (20), (21), (22) будут справедливы и для других видов сырья растительного происхождения с капиллярно-пористой структурой, поскольку базовое уравнение (13) является неизменным.

Далее представлены данные об изменении коэффициентов диффузии экстрактивных веществ в люпине при экстрагировании подсырной сывороткой, проведен анализ результатов.

Молекулярный коэффициент диффузии зависит от структуры твёрдого тела, температуры и растворимых веществ. В то же время он не зависит от гидродинамических условий на поверхности твёрдых частиц, а также конструкции аппарата.

Полагая, что структура твёрдого тела не изменяется, проанализируем изменение коэффициента диффузии от времени в растительном сырье, используя с этой целью экспериментальный материал по кинетике процесса экстрагирования [6].

При количественной интерпретации исходили из следующих предпосылок [2, 8].

1. Тела растительного происхождения обладают характерным клеточным строением, которое может быть нарушено механическими взаимодействиями. Строение пор во многом определяет механизм извлечения и скорость его протекания. Размеры частиц люпина значительно превышают диаметры пор, поэтому их можно рассматривать как изотропные пористые тела.

2. После механической обработки частицы люпина имели форму шара, цилиндра и пластины. Диаметр цилиндра d_{cp} значительно меньше его длины ($l/d_{cp}=10$), а толщина δ пластины меньше ширины b и длины l ($b/\delta=5$, $b/\delta=10$). Известно, что если один из размеров превышает каждый из оставшихся в 4 и более раз, то такие тела можно рассматривать как неограниченные. В них устанавливается одномерный диффузионный поток в направлении минимального размера.

3. Экстрактивные вещества – это группа компонентов с различными диффузионными и физико-химическими свойствами. В нашем случае совокупность всех экстрактивных веществ дифференцируется, поскольку целевым продуктом является белок люпина.

4. В сырье растительного происхождения, представителем которого является и люпин, часть целевых компонентов находится в области застоя, то есть в труднодоступных для экстрагента зонах или замкнутых порах [2]. Тогда следует исключить эту часть их кинетических расчётов.

С учётом изложенных предпосылок записаны уравнения (13-22) для неограниченных форм люпина в виде логарифмических уравнений нестационарной диффузии. Результаты расчётов приведены в графической интерпретации (рисунки 1, 2).

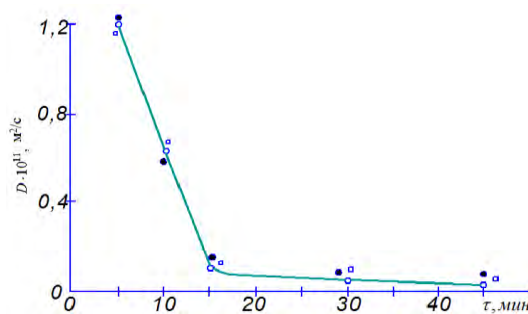


Рисунок 1. Изменение коэффициентов диффузии экстрактивных веществ в люпине в процессе экстрагирования (обобщённая кривая): $\circ$ – пластина, $\bullet$ – цилиндр, $\square$ – крупка.

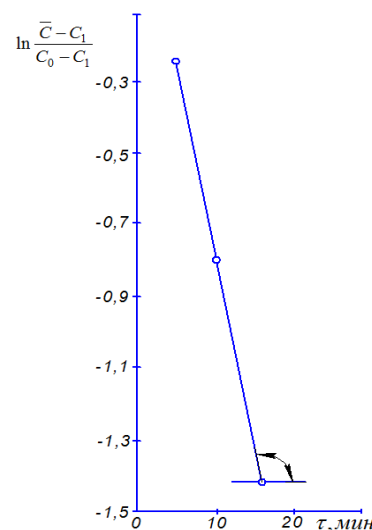


Рисунок 2. Зависимость концентрации экстрактивных веществ в люпине от продолжительности процесса (регулярный режим).

Как видно из рисунка 1, коэффициент диффузии D не зависит от геометрической формы люпина, поскольку кривые располагаются близко друг к другу. Это позволило получить одну обобщённую зависимость $D(\tau)$ для крупки, цилиндра и пластины. Коэффициент D имеет максимальное значение по истечении 300 с экстрагирования, а затем резко снижается. Значение D после 900 с практически не изменяется (кривая располагается вблизи оси абсцисс).

Уравнение (17) позволило нам определить коэффициент диффузии, используя экспериментальные данные (рисунок 2). Угловой коэффициент прямой $\mu_1^2 \cdot D / (\delta/2)^2$ составил $2,1 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$. Учитывая приведённые ранее значения μ и δ , был найден коэффициент диффузии $D = 2,1 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$.

Таким образом, получено одно значение D для прямой, являющейся областью регу-

лярного режима. Сопоставление графических изображений (рисунки 1 и 2) позволяет заключить, что результаты находятся в удовлетворительном согласии.

Выполненные исследования не противостоят современным представлениям о механизме экстрагирования из сырья растительного происхождения с пористой структурой.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Аксельруд Г.А., Альтшулер М.А. Введение в капиллярно-химическую технологию. М.: Химия, 1983. 264 с.
- 2 Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (система твердое тело – жидкость). Л.: Химия, 1974. 256 с.
- 3 Бесчаснюк Е.М., Дячок В.В., Курчер О.В., Бок В.А. Математическая модель процесса экстрагирования из растительного сырья. Львов: Изд. Фармаком, 2003. С. 33-36.
- 4 Добронет Б.С. Интегральная математика: учебное пособие. Красноярск: КГУ, 2004. 216 с.
- 5 Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химических технологий. М.: Химия, 1995. 368 с.
- 6 Иванов С.С., Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю. Кинетика извлечения – экстрагирования экстрактивных веществ из люпина с различной геометрической формой // Вестник ВГУИТ. 2014. №1. С. 36-39.
- 7 Ильин В.А., Куркина А.В. Высшая математика: учебник. М.: Изд. Проспект, 2004. 600 с.
- 8 Корниенко Т.С., Новикова И.В., Востриков С.В. Изучение кинетики извлечения экстрактивных веществ из щепы дуба // Хранение и переработка сельхозсырья. 2003. №9. С. 58-60.
- 9 Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии. Л.: Химия, 1990. 384 с.
- 10 Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю. Определение коэффициента диффузии экстрактивных веществ в сырье растительного происхождения при экстрагировании диоксидом углерода // Вопросы современной науки и практики. 2011. №4. С. 95-101.

REFERENCES

- 1 Aksel'rud G.A., Al'tshuler M.A. Vvedenie v kapiliarno-khimicheskuiu [Introduction in capillary and chemical technology]. Moscow, Khimiia, 1983. 264 p. (In Russ.).
- 2 Aksel'rud G.A., Lysianskii V.M. Ekstragirovanie (sistema tverdoe telo-zhidkost') [Extraction (system solid body-liquid)]. Leningrad, Khimiya, 1974. 256 p. (In Russ.).
- 3 Beschasniuk E.M., Diachok V.V., Kurcher O.V., Boko V.A. Matematicheskaiia model' protsessa ekstragirovaniia iz rastitel'nogo syr'ia [Mathematical process model of extraction from vegetative raw materials]. L'vov, Izdatel'stvo Farmakom, 2003. pp. 33-36. (In Ukr.).
- 4 Dobronets, B.S. Integral'naia matematika [The integrated mathematics]. Krasnoarsk, KGU, 2004. 216 p. (In Russ.).
- 5 Dytnerskii Iu.I. Protsessy i apparaty khimicheskikh tekhnologii [Process and devices of chemical technologies]. Moscow, Khimiia, 1995. 368 p. (In Russ.).
- 6 Ivanov S.S., Shyshatskii Iu.I., Pliukha S.Iu. Kinetic of extraction – the extract of extraction substances from lupin with the various geometrical form. Vestnik VGUIT. [Bulletin of VSUET], 2014, no. 1, pp. 36-39. (In Russ.).
- 7 Il'in V.A., Kurkina A.V. Vysshiaia matematika [Higher mathematic]. Moscow, Izdatel'stvo Prospekt, 2004. 600p. (In Russ.).
- 8 Kornienko T.S., Novikova I.V., Vostrikov S.V. Studying kinetic of extract of extraction the substances from splint of oak. Khranenie i pererabotka sel'khozsyriia. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2003, no. 9, pp. 58-60. (In Russ.).
9. Romankov P.G., Frolov V.F. Massoobmennye protsessy khimicheskoi tekhnologii [Mass exchange processes of chemical technology]. Leningrad, Khimiia, 1990. 384 p. (In Russ.).
- 10 Shishatskii Iu.I., Pliukha S.Iu. Definition of diffusion factor of extraction substances in phyto-genesis raw materials at of extraction of dioxide carbon. Voprosy sovremennoi nauki i praktiki. [Questions of a modern science and practice], 2011, no. 4, pp. 95-101. (In Russ.).

УДК 664.8/9

Профессор В.Е. Куцакова, доцент Т.В. Шкотова,
аспирант С.В. Ефимова

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Институт холода и биотехнологий) кафедра технологии мясных, рыбных продуктов и консервирования холодом.
тел. (812) 571-80-16

профессор С.В. Фролов

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, Институт холода и биотехнологий) кафедра математики.
тел. (812) 572-21-59

E-mail: vekprof@mail.ru

Professor V.E. Kutsakova, associate Professor T.V. Shkotova,
graduate S.V. Efimova

(St. Petersburg State university of information technologies, mechanics and optics, Institute of biotechnology and cold) Department of technology of meat, fish products and cold canning.
tel (812) 571-80-16

professor S.V. Frolov

(St. Petersburg State university of information technologies, mechanics and optics, Institute of biotechnology and cold) Department of mathematics.
tel (812) 572-21-59

E-mail: vekprof@mail.ru

Расчет продолжительности термообработки и замораживания хлебобулочных изделий с начинкой

Calculation of the heat treatment and freezing of bakery products with filling

Реферат. Хлебобулочные изделия относятся к продуктам повседневного спроса. Качество хлебобулочных изделий напрямую зависит от продолжительности выпечки. Момент готовности изделий на хлебопекарных предприятиях до настоящего времени определяется экспериментально. Наличие же теоретических зависимостей продолжительности выпечки от режимных параметров позволит оптимизировать как процесс выпечки, так и качество готового изделия. На сегодняшний день отсутствуют методы расчета времени выпекания таких сложных многослойных объектов, как хлебобулочные изделия с начинкой. В данной статье предложены методы расчета продолжительности выпечки хлебобулочных изделий с начинкой на примере пирожка. Расчетные и экспериментальные значения времени выпечки совпадают с погрешностью в пределах 5-7 %. Предлагаемые методы обладают свойством общности и могут быть использованы для всех видов симметричных многослойных изделий. Рынок хлебобулочных изделий за последние годы перераспределился, появилось новое направление в хлебопечении - производство замороженных хлебобулочных изделий различных рецептур. Следует отметить, что на сегодняшний день в состав начинок хлебобулочных изделий вносятся разнообразные влагосвязывающие добавки растительного и животного происхождения, вследствие чего увеличивается доля связанной влаги в начинке, что в свою очередь приводит к уменьшению (в некоторых случаях значительному) криоскопической температуры продукта и соответственно уменьшению времени замораживания изделия. Существующие на данный момент расчетные соотношения для расчета продолжительности замораживания не учитывают данный факт, что ведет к увеличению энергозатрат на производство данного вида продукции. В данной статье представлен метод решения и расчетные соотношения для определения продолжительности замораживания хлебобулочных изделий с начинками, с учетом влияния снижения криоскопической температуры начинки на примере пирожка. Расчетные и экспериментальные значения продолжительности замораживания совпадают с погрешностью менее 8 %. Предлагаемые методы обладают свойством общности и могут быть использованы для всех видов многослойных симметричных изделий.

Summary. Bakery products are used on a daily basis. The quality of bakery products directly depends on the duration of baking. Today bread-baking enterprises have no direct guidelines on determining when the product is ready. Certain theoretical guidelines to determine the baking time depending on operating parameters would considerably improve both the baking itself and the quality of the end product. To date there have not been established any methods of calculating the time needed to bake such complex multi-layered food as bakery products with filling. This article features the methods of calculating the baking time when it comes to products with filling, e. g. buns. The inaccuracy of calculating the baking time within the experiment comes to 5-7 %. The suggested methods are general in nature and, therefore, can be applied for all kinds of symmetric multi-layer products. In recent years the market of bakery products has been reshaped, that is a new sector has entered the market, namely the production of frozen pastry of various recipes. It should be noted that to date fillings for bakery products contain numerous water binding additives of plant and animal origin, which results in increasing the share of the bound water in a filling, which in turn decreases (in some cases rather significantly) the cryoscopic temperature of a bakery product and, accordingly, reduces the time needed to freeze such a product. The existing schemes to calculate the freezing time do not take into account that this method leads to the increased consumption of energy needed to make such a product. The article presents the solution, which is the calculation of the freezing time of bakery products with filling considering the decreasing cryoscopic temperature of a filling of a bakery product, e. g. that of a bun. The inaccuracy of calculating the freezing time within the experiment comes to less than 8 %. The suggested methods are general in nature and, therefore, can be applied for all kinds of symmetric multi-layer products.

Ключевые слова: продолжительность выпекания, продолжительность замораживания, двухслойное тело, пирожок, начинка.

Keywords: duration of baking, duration of freezing, two-layer body, pie, filling.

© Куцакова В.Е., Шкотова Т.В.,
Ефимова С.В., Фролов С.В., 2014

Расчет продолжительности термообработки и замораживания хлебобулочных изделий с начинкой рассмотрен на примере процесса выпекания и замораживания пирожков с начинкой. Пирожки – одно из самых любимых блюд в многонациональной кухне России. Практически каждый предпочитает пирожки из теста с начинками другим видам изделий. Пирожки могут быть приготовлены практически из любого теста: дрожжевого сдобного, простого, слоено-дрожжевого, бездрожжевого, слоеного и др. При этом начинки могут быть самыми разными: мясными, мясо-овощными, мясо-крупяными, овощными, фруктовыми, грибными и др. Как правило, пирожки делают небольшими (50–100 г), что удобно для их употребления в любых условиях: при застольях, «на ходу» и т.п.[1]. Пирожки выпускают как в выпеченном, так и в замороженном виде. Технология производства пирожков включает ряд операций, основными из которых, во многом определяющими качество и выход готовых изделий, являются выпечка и замораживание. В настоящее время отсутствуют методы расчета времени выпекания и замораживания таких сложных многослойных структур.

Для расчета времени выпекания представим пирожок как квазидномерное тело, форма которого учитывается введением в расчетные соотношения коэффициента формы. Пирожок является составным телом, включающим тестовую оболочку и начинку. Теплопроводность начинки и тестовой оболочки соответственно λ_1 и λ_2 , Вт/(м⁰С); температуропроводность a_1 и a_2 м²/с, соответственно. Так как в процессе выпечки значения удельной теплопроводности и коэффициента температуропроводности теста и выпеченного продукта различаются не существенно, в последующих расчетах приняты их осредненные значения. Внешний характерный размер тела - R , м; размер начинки - R_1 соответственно. В начальный момент времени $\tau = 0$ тело, имеющее температуру T_b , погружается в духовой шкаф с температурой воздушной среды T_0 . К поверхности продукта от окружающей среды посредством конвекции подводится теплота с коэффициентом теплоотдачи α . Физико-математическая модель процесса представлена ниже:

$$\frac{\partial T_1}{\partial \tau} = a_1 \left(\frac{\partial^2 T_1}{\partial r^2} + \frac{k}{r} \frac{\partial T_1}{\partial r} \right); T_1(r, 0) = T_b; \left. \frac{\partial T_1}{\partial r} \right|_{r=0} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial T_2}{\partial \tau} = a_2 \left(\frac{\partial^2 T_2}{\partial r^2} + \frac{k}{r} \frac{\partial T_2}{\partial r} \right); T_2(r, 0) = T_b; \quad (2)$$

$$-\lambda_2 \left. \frac{\partial T_2}{\partial r} \right|_{r=R} = \alpha (T_2|_{r=R} - T_0)$$

$$T_1(R_1, \tau) = T_2(R_1, \tau); -\lambda_1 \left. \frac{\partial T_1}{\partial r} \right|_{r=R_1} = -\lambda_2 \left. \frac{\partial T_2}{\partial r} \right|_{r=R_1} \quad (3)$$

Здесь r – координата поперёк тела, м ($r = 0$ отвечает центру тела, $r = R_1$ – границе теста и начинки и $r = R$ – внешней границе тела); k – безразмерный коэффициент, учитывающий форму тела и определяющийся как $k = SR/V - 1$, где V – объём тела, м³, а S – площадь его поверхности, м².

Уравнения (1) и (2) представляют собой уравнение теплопроводности с начальным и граничным условием в центре и краевым условием на границе соответственно для начинки и тестовой оболочки. Уравнение (3) описывает граничные условия на границе начинки и тестовой оболочки – равенство температур и тепловых потоков.

Представленная задача допускает точное решение в терминах функций Бесселя и Неймана, что затруднительно и требует обширных численных расчётов. Для практических целей удобнее иметь приближённые простые и явные расчетные соотношения.

Ранее, в работе [2], воспользовавшись прямым вариационным методом, были получены такие формулы для однородного тела [3]. В данной работе обобщен предложенный ранее метод применительно к двухслойному телу.

Осуществим переход к безразмерным переменным:

$$\theta_{1,2} = \frac{T_{1,2} - T_0}{T_b - T_0}; Fo = \frac{a_2 \tau}{R^2}; \rho = \frac{r}{R}; Bi = \frac{\alpha R}{\lambda_2};$$

$$\xi = \frac{a_1}{a_2}; \psi = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

В безразмерных переменных уравнения (1) – (3) выглядят следующим образом:

$$\frac{\partial \theta_1}{\partial Fo} = \xi \left(\frac{\partial^2 \theta_1}{\partial \rho^2} + \frac{k}{\rho} \frac{\partial \theta_1}{\partial \rho} \right); \left. \frac{\partial \theta_1}{\partial \rho} \right|_{\rho=0} = 0; \theta_1(\rho, 0) = 1;$$

$$\frac{\partial \theta_2}{\partial Fo} = \frac{\partial^2 \theta_2}{\partial \rho^2} + \frac{k}{\rho} \frac{\partial \theta_2}{\partial \rho};$$

$$-\left. \frac{\partial \theta_2}{\partial \rho} \right|_{\rho=1} = Bi \theta_2(1, Fo); \theta_2(\rho, 0) = 1;$$

$$\theta_1(\rho_1, \tau) = \theta_2(\rho_1, \tau); \psi \frac{\partial \theta_1}{\partial \rho} \Big|_{\rho=\rho_1} = \frac{\partial \theta_2}{\partial \rho} \Big|_{\rho=\rho_1} \quad (4)$$

Разделим переменные в уравнениях (4):

$$\theta_1(\rho, \tau) = \Sigma_1(\rho) \exp(-\omega Fo);$$

$$\theta_2(\rho, Fo) = \Sigma_2(\rho) \exp(-\omega Fo)$$

Функцию, зависящую от координат, представим следующим образом:

$$\xi \left(\frac{\Sigma_1''}{\Sigma_1} + \frac{k}{\rho} \frac{\Sigma_1'}{\Sigma_1} \right) = -\omega; \frac{\Sigma_1''}{\Sigma_1} + \frac{k}{\rho} \frac{\Sigma_1'}{\Sigma_1} = -\omega \quad (5)$$

Согласно вариационному принципу [3] наименьшее собственное число задачи (5) равно абсолютному минимуму функционала:

$$\omega_1 = \text{MIN} \frac{-\xi \int_0^{\rho_1} \left(\rho^k \Sigma_1' \right)' \Sigma_1 d\rho - \frac{1}{\rho_1} \int_0^{\rho_1} \left(\rho^k \Sigma_2' \right)' \Sigma_2 d\rho}{\int_0^{\rho_1} \rho^k \Sigma_1^2 d\rho + \frac{1}{\rho_1} \int_0^{\rho_1} \rho^k \Sigma_2^2 d\rho} \quad (6)$$

Минимум (6) ищется на функциях, удовлетворяющих граничным условиям (4). Приближенный метод решения задачи заключается в том, что минимум (6) ищется на функциях простого вида, аппроксимирующих истинное решение задачи. Следуя [2], будем искать минимум на функциях степенного вида:

$$\Sigma_1(\rho) = 1 - c\rho^d; \Sigma_2(\rho) = 1 - a\rho^b \quad (7)$$

Подставляя функции (7) в граничные условия (4), получим:

$$a = \frac{Bi}{Bi+b}; d = \frac{b}{\psi}; c = \frac{Bi}{Bi+b} \rho_1^{b-b/\psi} \quad (8)$$

Подставляя (8) в (7) и далее в (6) и производя интегрирование, получим:

$$\omega_1 \approx \text{MIN} \frac{\xi \frac{Bib(b/\psi + k - 1)}{(Bi+b)\psi} \left[\frac{\rho_1^{b+k-1}}{b/\psi + k - 1} - \frac{Bi}{Bi+b} \frac{\rho_1^{2b+k-1}}{2b/\psi + k - 1} \right] + \frac{\rho_1^{k+1}}{k+1} - \frac{2Bi}{Bi+b} \frac{\rho_1^{b+k+1}}{b/\psi + k + 1} + \frac{Bi^2}{(Bi+b)^2} \frac{\rho_1^{2b+k+1}}{2b/\psi + k + 1} + \frac{Bib(b+k-1)}{Bi+b} \left[\frac{1 - \rho_1^{b+k-1}}{b+k-1} - \frac{Bi}{Bi+b} \frac{1 - \rho_1^{2b+k-1}}{2b+k-1} \right] + \frac{1 - \rho_1^{k+1}}{k+1} - \frac{2Bi}{Bi+b} \frac{1 - \rho_1^{b+k+1}}{b+k+1} + \frac{Bi^2}{(Bi+b)^2} \frac{1 - \rho_1^{2b+k+1}}{2b+k+1}}{\quad} \quad (9)$$

Далее находим минимум выражения (9) по переменной b . Для этого воспользуемся найденным в [2] значением b для однородного тела, так как это значение зависит только от константы k , то есть только от формы тела (и никак не связано с его теплофизическими параметрами):

$$b = \frac{\sqrt{2k+6} - k + 1}{2} \quad (10)$$

Подстановка (10) в (9) позволяет приближенно определить первый корень характеристического уравнения, а, следовательно, темп нагревания тела. Далее, для расчёта продолжительности нагревания необходимо знать константу A [2], [3], которая зависит от координаты, в которой измеряется температура. В случае выпекания пирожка такой точкой является граница между тестовой оболочкой и начинкой. Примерно в этой области находится термический центр тела, то есть точка, температура в которой численно равна среднеобъемной – в [3] показано, что термический центр находится в точке:

$$\rho^* = \sqrt{\frac{k+1}{k+3}}.$$

Также в [2] и [3] показано, что при не очень высоких числах Био, какие бывают при условиях выпекания пирожков в воздушной среде, коэффициент A для среднеобъемной температуры практически равен единице. Таким образом, продолжительность нагревания до заданной температуры T в необходимой нам точке может быть определена как:

$$\tau \approx \frac{R^2}{a_2 \omega_1} \ln \left\{ \frac{T_b - T_0}{T - T_0} \right\} \quad (11)$$

Полученные расчетные соотношения обладают свойством общности и могут быть использованы для всех видов многослойных изделий.

Рассмотрим расчет времени выпечки на примере пирожка с черничной начинкой. Определяющий размер пирожка (половина толщины) составляет $R = 0,021$ м; толщина начинки $R_1 = 0,012$ м. Коэффициент, учитывающий форму тела $k = 1,22$. Параметры тестовой оболочки и начинки следующие [4]: для теста $\lambda_2 = 0,26$ Вт/(м⁰С) и $a_2 = 18,2 \cdot 10^{-8}$ м²/с; для начинки (черничная) $\lambda_1 = 0,414$ Вт/(м⁰С) и $a_1 = 19,5 \cdot 10^{-8}$ м²/с. Начальная температура $T_b = 24,3^\circ\text{C}$, температура в духовом шкафу $T_0 = 230^\circ\text{C}$, температура на границе теста и начинки в конце выпечки $T = 81^\circ\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи $\alpha = 7,82$ Вт/(м²·°С); $Bi = 0,63$; $\psi = 1,6$; $\rho_1 = 0,57$; $\xi = 1,07$; $b = 1,39$; $\omega_1 = 1,32$; тогда $\tau = 588$ с = 9,8 мин

Расчетные и экспериментальные значения времени выпечки совпадают с погрешностью в пределах 5-7 %.

Далее рассмотрим кинетические закономерности замораживания пирожка с начинкой. Следует отметить что, в настоящее время в состав начинок хлебобулочных изделий вносятся разнообразные влагосвязывающие добавки, вследствие чего увеличивается доля связанной влаги в начинке, что в свою очередь приводит к уменьшению (в некоторых случаях значительному) криоскопической температуры продукта и, соответственно, уменьшению времени замораживания изделия.

Пирожок представляет собой двухслойное изделие: слой теста толщиной D снаружи и начинкой внутри. Тесто имеет следующие теплофизические характеристики: плотность ρ_1 , кг/м³; влажность w_1 ; теплопроводность λ_1 , Вт/(м·°C); криоскопическая температура $t_{кр1}$, °C; характерный размер R_1 , м (в данном случае $R_1 = R$ – это характерный размер всего тела); а начинка соответственно: плотность ρ_2 , кг/м³; влажность w_2 ; теплопроводность λ_2 , Вт/(м·°C); криоскопическая температура $t_{кр2}$, °C; характерный размер $R_2 = R - D$, м. Продолжительность замораживания двухслойного тела можно определить, используя известное соотношение [3]:

$$\tau_{з.п.} = \tau_1 + \tau_2 = \frac{\Phi * q * \rho_1 * R_1 * w_1}{(t_{кр1} - t_{хл})} * \left\{ \left(\frac{1}{\alpha} + \frac{\Phi * R_1}{(2 * \Phi - 1) \lambda_1} \right) * \left(1 - \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{\frac{1}{\Phi}} \right) - \frac{R_1^2 - R_2^2}{2 * (2 * \Phi - 1) \lambda_1 R_1} \right\} + \frac{\Phi * q * \rho_2 * R_2 * w_2}{(t_{кр2} - t_{хл})} * \left\{ \frac{R_1}{2 * \lambda_2} + \frac{R_2^{\frac{1}{\Phi} - 1}}{\alpha * R_1^{\frac{1}{\Phi} - 1}} + \frac{\Phi * R_2^{\frac{1}{\Phi} - 1} \left(R_1^{2 - \frac{1}{\Phi}} - R_2^{2 - \frac{1}{\Phi}} \right)}{(2 * \Phi - 1) * \lambda_1} \right\} \quad (12)$$

Здесь $q = 3.3 * 10^5$ Дж/кг – теплота кристаллизации воды; τ_1 и τ_2 – время замораживания слоя теста и начинки соответственно.

Однако данный способ расчета не совсем корректен в случае, если криоскопическая температура начинки значительно ниже криоскопической температуры теста.

Существует поправка к формуле (12), учитывающая данный факт [3]:

$$\Delta \tau = - \frac{q * w * \rho * R^2}{\lambda (t_{кр} - t_{хл})} * F(Bi, a, k);$$

$$Bi = \frac{\alpha R}{\lambda_2}; a = \frac{-t_{кр}}{t_{кр} - t_{хл}}. \quad (13)$$

Функция $F(Bi, a, k)$ может быть определена лишь численно [3, табл.7.1-7.3]. Необходимо отметить, что при расчете коэффициента Био нужно использовать эффективный коэффи-

циент теплоотдачи $\alpha_{эф}$, учитывающий тепловое сопротивление замороженного слоя теста:

$$\alpha_{эф} = \frac{1}{\frac{R}{2\lambda_2} + \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_2}{R_1} \right)^{\frac{1}{\Phi} - 1}}$$

Кроме того, так как криоскопическая температура начинки ниже криоскопической температуры теста, то начинка начнет замерзать лишь при достижении криоскопической температуры. Соотношения для расчета времени охлаждения продукта $\tau_{охл}$ представлены в [3]. Необходимо отметить, что в уравнении [3] $C_{н2}$ и $\lambda_{н2}$ – теплоемкость (Дж/(кг·°C)) и теплопроводность (Вт/(м·°C)) незамороженной начинки значительно отличаются от показателей замороженной начинки.

Итоговая продолжительность замораживания равна:

$$\tau_{зам} = \tau_1 + \tau_2 + \Delta \tau + \tau_{охл}$$

Таким образом, представлен метод решения и расчетные соотношения для определения продолжительности замораживания хлебобулочных изделий с начинками, с учетом влияния снижения криоскопической температуры начинки на примере пирожка с начинкой.

Рассмотрим расчет времени замораживания на примере пирожка с черничной начинкой. Слой теста составляет $D = 0.005$ м. Характерный размер тестовой части (половина толщины) составляет $R_1 = 0.015$ м, характерный размер начинки $R_2 = 0.01$ м. Коэффициент формы пирожка $\Phi = 0.4$. Параметры тестовой оболочки и начинки следующие [4]: для теста $\lambda_1 = 0.35$ Вт/(м·°C), $\rho_1 = 1000$ кг/м³, $w_1 = 0.3$, $t_{кр1} = -2$ °C; для начинки (черничная) $\lambda_2 = 1.3$ Вт/(м·°C), $\rho_2 = 1300$ кг/м³, $w_2 = 0.75$, $t_{кр2} = -12$ °C, $C_{н2} = 3800$ (Дж/(кг·°C)) и $\lambda_{н2} = 0.7$ (Вт/(м·°C)). Температура охлаждающего воздуха $t_{хл} = -30$ °C, скорость движения воздуха 3 м/с; коэффициент теплоотдачи $\alpha = 50$ Вт/(м²·°C); тогда $\tau_{з.п.} = 2315$ с = 38,6 мин, $\alpha_{эф} = 60$ Вт/(м²·°C), $Bi = 0.46$. При $t_{кр1} = -2$ °C, величина $a = 0.071$ и $F(0.46; 0.071; 0.4) = 0.069$; $\Delta \tau = -60$ с, которой можно пренебречь. При $t_{кр2} = -12$ °C величина $a = 0.67$ и $F(0.46; 0.67; 0.4) = 0.93$; $\Delta \tau = -1279$ с = -21,3 мин. Продолжительность охлаждения поверхности начинки до $t_{кр2} = -12$ °C составит $\tau_{охл} = 105$ с = 1,75 мин. Итоговая продолжительность замораживания $\tau_{зам} = 19$ мин.

Расчетные и экспериментальные значения продолжительности замораживания совпадают с погрешностью менее 8 %.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Алехина Л.В., Андреенков В.А. Пирожки печеные // Мир мороженого и быстрозамороженных продуктов. 2012. №4. С.32-34.
- 2 Фролов С.В., Мереминский Г.И., Поляков К.Ю. Расчет времени охлаждения пищевых объектов методом квазиодномерного приближения // Вестник МАХ. 2004. №3. С. 42 – 44.
- 3 Фролов С.В., Багаутдинова А.Ш. Высшая математика. Этюды по теории и приложениям. СПб.: ГИОРД, 2012. 576 с.
- 4 Бараненко А.В. и др. Холодильная технология пищевых продуктов. Часть III. Теплофизические основы. СПб: ГИОРД, 2008. 697 с.

REFERENCES

- 1 Alekhina L.V., Andreenkov V.A. Baked cakes. *Mir morozhenogo i bystrozamorozhennykh produktov*. [World of ice cream and frozen foods], 2012, no 4, pp. 32-34. (In Russ.).
- 2 Frolov S.V., Mereminskii G.I., Poliakov K.Iu. Calculation cooling of food items by the quasi approximation. *Vestnik MAKh*. [Bulletin of International academy of refrigeration], 2004, no 3, pp. 42-44. (In Russ.).
- 3 Frolov S.V., Bagautdinova A.Sh. *Vysshaia matematika. Etiudy po teorii i prilozheniiam* [Higher mathematics. Essays on the theory and applications]. Sent Petersburg, GIORД, 2012. 576 p. (In Russ.).
- 4 Baranenko A.V. et al. *Holodil'naia tehnologiia pishchevykh produktov. Chast' III. Teplofizicheskie osnovy* [Refrigerated food technology. Part III. Thermo-physical basis]. Sent Petersburg, GIORД, 2008. 697 p. (In Russ.).

УДК 664.8.037.5

Доцент С.М. Ященко, доцент В.В. Пойманов,
аспирант В.Е. Константинов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра машин и аппаратов пищевых производств.
тел. (473) 255-38-96
E-mail: serge3y@mail.ru

Associate Professor S.M. Iashchenko,
associate Professor V.V. Poimanov, graduate V.E. Konstantinov
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of machines and
apparatuses of food production.
tel (473) 255-38-96
E-mail: serge3y@mail.ru

Использование современных установок для вымораживания восковых веществ

The use of modern facilities for freezing wax substances

Реферат. Выявлены основные направления использования вымороженного растительного масла, приведен анализ рынков сбыта. Проанализированы тенденции развития криогенного вымораживания. Обоснована актуальность разработки энергосберегающих криогенных аппаратов. Комплексный подход к созданию конкурентоспособных отечественных технологий и оборудования для криогенного вымораживания растительных масел заключается в использовании эффективных инновационных методов охлаждения, интенсификации процесса, уменьшении удельных энергозатрат и, как следствие, снижении себестоимости продукции при достижении высоких качественных показателей. Приведены преимущества использования паров инертного газа как альтернативного направления существующему оборудованию для вымораживания воскоподобных веществ с использованием рассольного или водяного охлаждения. Проведены исследования процесса криогенного вымораживания с использованием паров азота. Научно подтверждено, что барботирование слоя масла парами азота, способствует увеличению холодопроизводительности за счет теплового потенциала и значительно снижает время обработки. Предложены варианты использования криогенного хладоносителя в вымораживающих установках. Определены оптимальные термические, геометрические и гидродинамические режимы работы. Указаны пути повышения энергетической эффективности криогенных аппаратов с использованием криогенного хладоносителя. Полученные результаты позволяют производить инженерные расчеты и проектирование прогрессивных вымораживающих установок с различными технологическими режимами. Определены условия охлаждения пищевых жидкостей путём барботирования с возможностью учёта физико-химических особенностей охлаждаемого продукта. Разработан криогенный аппарат непрерывного действия для вымораживания растительных масел повышенной эффективности со способом автоматического управления. Подтверждена экономическая эффективность очистки растительных масел от примесей в непрерывнодействующем криогенном аппарате за счет уменьшения количества оборудования на аналогичные процессы при получении конечного продукта с высокой степенью очистки.

Summary. The basic directions of use, frozen vegetable oil, an analysis of markets. Analyzed trends in the development of cryogenic freezing. The urgency of developing energy efficient cryogenic devices. Integrated approach to the development of competitive domestic technologies and equipment for cryogenic freezing of vegetable oils is to use effective and innovative cooling techniques, process intensification, reduction of specific energy consumption and, consequently, reducing the cost of production in achieving high quality performance. The advantages of using an inert gas vapor as an alternative direction for existing equipment freezing wax-like substances using brine or water cooling. The investigations of cryogenic freezing using nitrogen vapor. Scientifically confirmed that oil bubbling nitrogen vapor layer, helps to increase the cooling capacity due to the thermal capacity and significantly reduces the processing time. Variants of using cryogenic coolant in the chiller plant. The optimal thermal, geometric and hydrodynamic modes. The ways to improve energy efficiency cryogenic apparatus using cryogenic coolant. The results will produce engineering calculations and design of freezing progressive installations with different technological modes. The conditions for cooling food liquids by bubbling with possibility of integration of physical and chemical characteristics of the cooled product. Cryogenic unit designed for continuous freezing of vegetable oils increased efficiency to the process of automatic control. Confirmed the economic efficiency of cleaning oils from impurities in continuous cryogenic apparatus by reducing the amount of equipment on similar processes in the preparation of the final product with a high degree of purification.

Ключевые слова: криогенное вымораживание, растительное масло, восковые вещества

Keywords: cryogenic freezing, vegetable oil, waxy substance

© Ященко С.М., Пойманов В.В., Константинов В.Е., 2014

Актуальность получения высококачественных продуктов существовала всегда. При производстве растительного масла немаловажную роль играет его конечный вид. На современных маслоперерабатывающих предприятиях для очистки масла используют рафинацию, но в большинстве случаев добиться абсолютной чистоты продукта не удастся. Так при хранении в результате отстаивания или в условиях низких температур масло начинает мутнеть. Избавляются от этого путем выведения из рафинированного или дезодорированного масла восковых и высокоплавких веществ вымораживанием -винтеризацией с получением салатного масла, т.е. более очищенного и готового в реализацию как вымороженное товарное масло [1]. Рафинированные растительные масла используются для непосредственного употребления в пищу; производства маргарина, служат сырьём для производства комбинированного масла, а также используются и в других отраслях пищевой промышленности.

Тенденция потребительского рынка к использованию высококачественных ингредиентов диктует компаниям необходимость поиска новых технологий в производстве растительных масел, и, в этом аспекте, криогенное вымораживание отвечает всем требованиям (сохранение цвета, вкуса, витаминов и перекисного числа в исходном сырье, возможность длительного срока хранения при соответствующей упаковке).

Использование криогенных газов в современных условиях производства незначительно из-за недостаточной изученности их действия и доступности. Использование такой продукции могут позволить себе только крупные производители. Отпугивает производителей и относительно высокая цена хладагента, а также большие потери продукции на брак.

Затраты на производство 1 кг продукта с использованием жидкого азота составляет 4-5 % цены готового продукта. Цена жидкого азота значительно колеблется в зависимости от региона и технологии производства. С учётом этого наиболее перспективным будет использование жидкого азота, добываемого из природных высокоазотных газов. Себестоимость такого сжиженного азота, по сравнению с получаемым в промышленности при разделении воздуха, почти на порядок ниже.

Жидкий азот, в отличие от фреонов является озонобезопасным, что также подчеркивает целесообразность его применения.

Учитывая непрерывный рост цен на всё, что связано с производством холода машинным способом, можно с уверенностью сказать, что оборудование и технологии экологически безопасного криогенного замораживания пищевых продуктов имеют хорошие перспективы.

Комплексный подход к созданию конкурентоспособных отечественных технологий и оборудования для криогенного вымораживания заключается в использовании эффективных средств отвода теплоты от продукта, имеющего различную структуру, интенсификации процесса, уменьшении удельных энергозатрат и, как следствие, снижении себестоимости продукции при достижении высоких качественных показателей [2].

Техническая идея внедряемых конструкторских разработок состоит также в повышении степени автоматизации оборудования совмещения кристаллизации и экспозиции в одном аппарате, что позволит снизить время на простой, увеличить рентабельность продукции.

На данный момент существуют следующие способы отделения восковых веществ:

- каскадная фильтрация;
- центрифугирование и сепарация;
- классическая технология выведения восковых веществ с экспозицией и кристаллизацией;
- с помощью синтетических поверхностно-активных веществ (ПАВ), высокоплавких глицеридов, кристаллических модификаторов;
- винтеризация в мисцелле;
- низкотемпературное фракционирование;
- отделение восков в электрических полях;
- наложения акустического поля;
- криогенное вымораживание при барботировании инертного газа через слой продукта [3].

Совершенствование технологии и разработка оборудования должны базироваться на теоретических исследованиях закономерностей основных процессов, протекающих в аппаратах [4].

На большинстве предприятий используют морально и физически устаревшее оборудование, применяемое с середины прошлого века.

Одним из них является устройство для получения воска из масел (рисунок 1), в котором после охлаждения масла и образования исходной суспензии происходит её разделение в центрифуге, в результате которого очищенное масло отводится, а воск накапливается до необходимого количества.

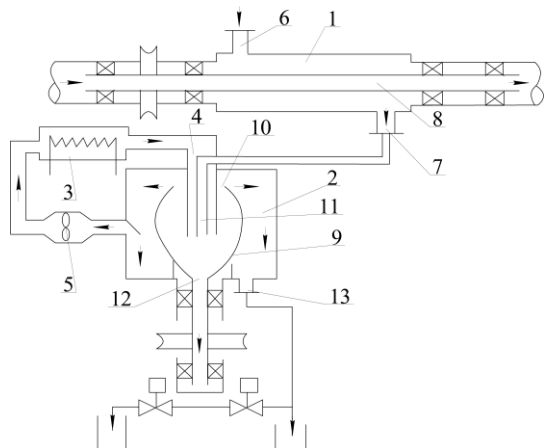


Рисунок 1. Устройство для получения воска из масел: 1 – кристаллизатор; 2 – центрифуга; 3 – нагреватель; 4 – воздуховод; 5 – вентилятор; 6 – патрубок подвода масла; 7 – патрубок отвода суспензии; 8 – цилиндрический полый стержень; 9 – полый бочкообразный ротор; 10 – отверстие для вывода масла; 11 – патрубок подвода суспензии; 12 – патрубок вывода воска; 13 – патрубок вывода масла

К недостаткам метода относятся периодичность работы установки, зависящая от накопления достаточного количества воскового осадка, а соответственно невозможность вписать это устройство в поточное производство; невысокая степень очистки масла; большие потери продукта и энергии при переработке. В связи с этими проблемами способ не нашел должного применения в промышленности.

Существует способ вымораживания восков из масел с использованием процесса сепарации, который осуществляется в установке с тремя кристаллизаторами (рисунок 2).

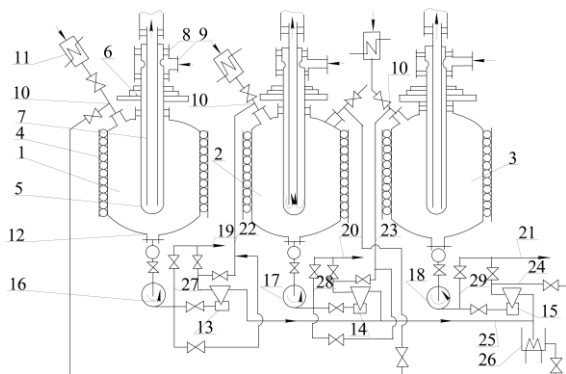


Рисунок 2. Установка для вымораживания восков из масел: 1, 2, 3 – основной и дополнительные корпуса – кристаллизаторы; 4 – змеевик; 5 – полый стержень мешалки; 6 – шкив регулятора скорости; 7 – патрубок отвода хладагента; 8 – грундбукса; 9 – патрубок подвода хладагента; 10 – патрубок подвода масла; 11 – подогреватель; 12 – патрубок отвода продукта; 13 – сепаратор; 14 – насос; 15 – сепаратор; 16 – насос; 17 – насос; 18 – насос; 19 – трубопровод отвода винтеризованного масла; 20 – трубопровод отвода отстоя масла; 21 – трубопровод отвода отстоя масла; 22 – трубопровод отвода отстоя масла; 23 – трубопровод отвода отстоя масла; 24 – трубопровод отвода отстоя масла; 25 – трубопровод; 26 – сборник осадка воска; 27 – байпасные трубопроводы; 28 – байпасные трубопроводы; 29 – байпасные трубопроводы

Главными недостатками являются сложность и дороговизна оборудования технологической схемы, загруженность большим числом машин и аппаратов, вызывающая повышение материалоемкости установки, трудность при выполнении и монтаже схемы автоматизации этого устройства, большой расход энергии и невысокая эффективность очистки, приводящие к тому, что способ практически не используется в процессе очистки масел и получения воска.

В большинстве способов очистки масла процессы кристаллизации и экспозиции восковых веществ проводят в аппаратах смешительного типа.

Самым распространенным из них является лопастной смеситель (рисунок 3), предназначенный для смешивания масел и жиров с фосфорной кислотой или водой, а также для тепло-массообменных процессов с жидким продуктом при перемешивании.

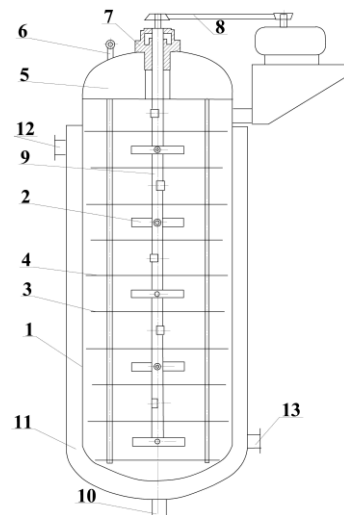


Рисунок 3. Смеситель лопастной: 1 – металлический корпус; 2 – лопасти; 3 и 4 – малые и большие диски; 5 – разъемная эллиптическая крышка; 6 – штуцер для подвода масла; 7 – сальник; 8 – клиноремённая передача; 9 – вал; 10 – патрубок отвода масла; 11 – охлаждающая рубашка; 12 и 13 – патрубки подвода и отвода хладагента

Для процесса экспозиции широко используется смеситель ножевой (рисунок 4), в котором также возможно проводить смешивание жира с водой при промывке с помощью двадцати плоских горизонтальных взаимноперпендикулярных стальных ножей 2 ромбической формы.

На основании теоретических и экспериментальных исследований был разработан непрерывнодействующий криогенный аппарат (рисунок 5) [5].

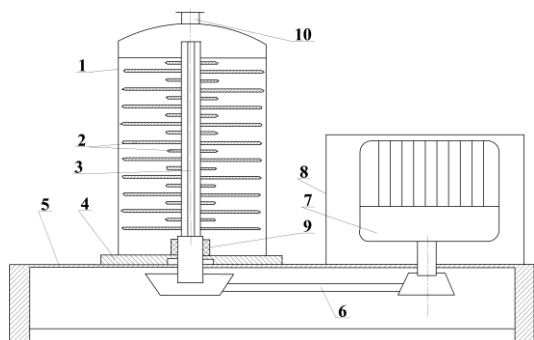


Рисунок 4. Смеситель ножевой: 1 – герметический стальной колпак; 2 – ножи; 3 – вал; 4 – основание; 5 – станина; 6 – клиноремённая передача; 7 – электродвигатель; 8 – кожух; 9 – графитовое кольцо; 10 – патрубок отвода продукта

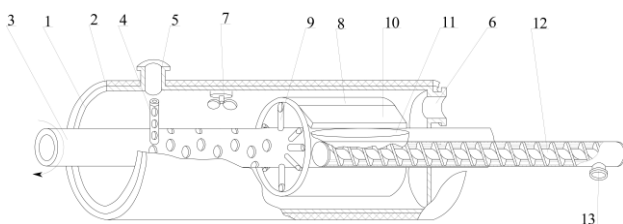


Рисунок 5. Непрерывнодействующий криогенный аппарат: 1 – корпус аппарата; 2 – теплоизоляция; 3 – перфорированный полый вал; 4 – трубчатая мешалка; 5 – патрубок подвода продукта; 6 – патрубок отвода паров хладагента; 7 – вентилятор; 8 – барабанный вакуум-фильтр; 9 – трубки отвода очищенного продукта; 10 – лоток для отвода примесей; 11 – приёмный желоб; 12 – отводящий шнек; 13 – патрубок отвода примесей

В отличие от известных аналогов, аппарат позволяет сократить продолжительность процесса на 70-75 % и полностью автоматизировать процесс [6].

Предварительно были получены экспериментальные характеристики параметров азота, приведенные на рисунке 6.

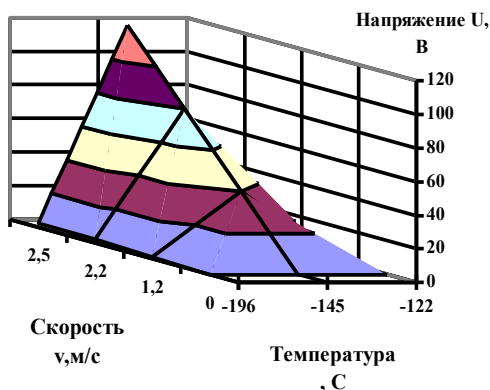


Рисунок 6. Экспериментальные параметры азота

По результатам исследований процесса вымораживания растительного масла в непрерывнодействующем криогенном аппарате при барботировании слоя продукта парами азота были получены оптимальные параметры криогенного вымораживания для всех исследуемых видов масла: скорость барботирования 2,2 м/с, температура паров азота 128 К [7, 8, 9].

Изменение температуры в фиксированных точках слоя приведено на рисунке 7.

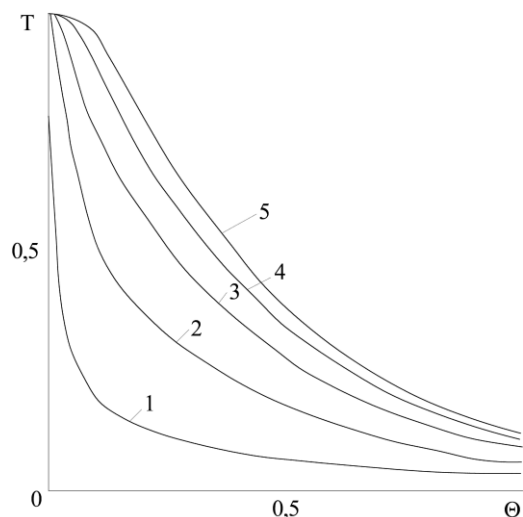


Рисунок 7. Динамика охлаждения в различных фиксированных точках слоя

Уравнение температуропроводности с учётом влияния гидродинамического и геометрического факторов имеет вид:

$$\varepsilon = A \operatorname{Re}^m \left(\frac{h}{d} \right)^n, \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от кинетики охлаждения; h – высота слоя продукта, м; d – внутренний диаметр перфорированного полого вала для барботирования паров азота, м.

Проведенные исследования качественных показателей растительных масел в промышленных условиях при криогенном способе вымораживания свидетельствует о преимуществах предлагаемого способа по сравнению с существующими, где используются традиционные хладоносители [10, 11, 12].

Результаты технико-экономического расчёта подтвердили целесообразность внедрения способа криогенного вымораживания в аппарате непрерывного действия и его рентабельность. Применение данной технологии очень перспективно в масложировой промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Яценко С.М. Особенности криогенного замораживания пищевых продуктов // Вестник ВГТА. 2002. № 7. С. 141.
- 2 Антипов С.Т., Яценко С.М., Овсянников В.Ю. Повышение эффективности очистки растительных масел от восковых веществ // Техника машиностроения. 2001. № 1. С. 108-109.
- 3 Пат. № 2180681, RU, С 11 В 3/00. Способ вымораживания восковых веществ из растительных масел / Антипов С.Т., Шахов С.В., Яценко С.М., Овсянников В.Ю. № 2000118946/13; Заявл. 22.03.2001; Оpubл. 27.09.2002, Бюл. № 27.
- 4 Антипов С.Т., Рязанов А.Н., Овсянников В.Ю., Яценко С.М. Вымораживающие установки для концентрирования и очистки жидких пищевых продуктов // Производство и реализация мороженого и быстрозамороженных продуктов. 2001. № 5. С. 36-37.
- 5 Пат. № 2190010, RU, С 11 В 3/00. Способ вымораживания восковых веществ из растительных масел и установка для его осуществления / Антипов С.Т., Яценко С.М., Овсянников В.Ю. № 2001107743/13; Заявл. 07.06.1999; Оpubл. 20.09.2000, Бюл. № 26.
- 6 Антипов С.Т., Яценко С.М., Овсянников В.Ю. Автоматическое управление криогенного аппарата для вымораживания растительных масел // Масложировая промышленность. 2001. №3. С. 36-38.
- 7 Антипов С.Т., Яценко С.М., Овсянников В.Ю. Исследование криогенного вымораживания восковых веществ из растительных масел // Хранение и переработка сельхозсырья. 2000. №10. С.19-20.
- 8 Антипов С.Т., Яценко С.М., Овсянников В.Ю. Термический анализ криогенного вымораживания растительных масел // Масложировая промышленность. 2001. №4. С. 28-30.
- 9 Антипов С.Т., Яценко С.М., Овсянников В.Ю. Описание процесса вымораживания воска из растительного масла в криогенном аппарате // Вестник международной академии холода. 2000. № 4. С. 39-40.
- 10 Яценко С.М. Анализ зависимости степени извлечения восковых веществ от температуры // Вестник международной академии холода. 2013. №4. С. 31-33.
- 11 Пат. № 2395768, RU, F 26 В 5/06, F 26 В 9/06. Вакуум-сублимационная сушилка / Антипов С.Т., Пойманов В.В., Воробьев Д.В. № 2009129715/06; Заявл. 03.08.2009; Оpubл. 27.07.2010, Бюлл. № 21.
- 12 Яценко С.М., Назаров С.А., Овсянников В.Ю. Анализ системы технологических процессов при криогенном вымораживании растительных масел // Масложировая промышленность. 2013. №4. С. 28-31.

REFERENCES

- 1 Iashchenko S.M. Features cryogenic food freezing. Vestnik VGTA. [Bulletin of VSTA], 2002, no. 7, pp. 141. (In Russ.).
- 2 Antipov S.T., Iashchenko S.M., Ovsiannikov V.Iu. Improving the efficiency of purification of vegetable oils from the wax substances. Tekhnika mashinostroeniia. [Technology engineering], 2001, no. 1, pp. 108-109. (In Russ.).
- 3 Antipov S.T., Shakhov S.V., Iashchenko S.M., Ovsiannikov V.Iu. Sposob vymorazhivaniia voskovykh veshchestv iz rastitel'nykh masel [A method of freezing wax substances from vegetable oils]. Patent RF, no. 2180681, 2001. (In Russ.).
- 4 Antipov S.T., Riazanov A.N., Ovsiannikov V.Iu., Iashchenko S.M. Chiller plant for concentration and purification of liquid foods. Proizvodstvo i realizatsiia morozhenogo i bystrozamorozhennykh produktov. [Production and sales of ice cream and frozen foods], 2001, no. 5, pp. 36-37. (In Russ.).
- 5 Antipov S.T., Iashchenko S.M., Ovsiannikov V.Iu. Sposob vymorazhivaniia voskovykh veshchestv iz rastitel'nykh masel i ustanovka dlia ego osushchestvleniia [A method of freezing wax substances from vegetable oils and installation for its implementation]. Patent RF, no. 2190010, 2000. (In Russ.).
- 6 Antipov S.T., Iashchenko S.M., Ovsiannikov V.Iu. Automatic control apparatus for cryogenic freezing of vegetable oils. Maslozhirovaia promyshlennost'. [Oil Industry], 2001, no. 3, pp. 36-38. (In Russ.).
- 7 Antipov S.T., Iashchenko S.M., Ovsiannikov V.Iu. Investigation of cryogenic freezing wax substances of vegetable oils. Khranenie i pererabotka sel'khozsyria. [Storage and processing of agricultural], 2000, no. 10, pp. 19-20. (In Russ.).
- 8 Antipov S.T., Iashchenko S.M., Ovsiannikov V.Iu. Thermal analysis of cryogenic freezing of vegetable oils. Maslozhirovaia promyshlennost'. [Oil Industry], 2001, no. 4, pp. 28-30. (In Russ.).
- 9 Antipov S.T., Iashchenko S.M., Ovsiannikov V.Iu. Describes the process of freezing the wax from vegetable oil in a cryogenic apparatus. Vestnik mezhdunarodnoi akademii kholoda. [Bulletin of the International academy of refrigeration], 2000, no. 4, pp. 39-40. (In Russ.).
- 10 Iashchenko S.M. Analysis of the dependence of the degree of extraction of wax substances temperature. Vestnik mezhdunarodnoi akademii kholoda. [Bulletin of the International academy of refrigeration], 2013, no. 4, pp. 31-33. (In Russ.).
- 11 Antipov S.T., Poimanov V.V., Vorobiov D.V. Vakuu-sublimateionnaia sushilka [Freeze-dryer]. Patent RF, no. 2395768, 2010. (In Russ.).
- 12 Iashchenko S.M., Nazarov S.A. Ovsiannikov V.Iu. Analysis of technological processes for cryogenic freeze oils Maslozhirovaia promyshlennost'. [Oil Industry], 2013, no. 4, pp. 28-31. (In Russ.).

УДК 664.68

Доцент И.У. Кусова, профессор Г.Г. Дубцов,
к.т.н. Д.И. Быстров

(Москов. гос. ун-т. пищ. произв.) кафедра товароведения и общественного питания
тел. 89103434840

E-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

Associate Professor I.U. Kusova, professor G.G. Dubtsov,
PhD D.I. Bystrov

(Moscow state university of food production) Department of merchandizing and catering
phone. 89103434840

E-mail: skrypnikovvsafe@mail.ru

Влияние процесса замораживания на качество мучных национальных изделий (осетинские пироги)

Influence of the freezing process on national quality flour products (Ossetian pies)

Реферат. Удовлетворение вкусовых предпочтений людей – главный двигатель производства продуктов питания. Изобилие сортов и разнообразие продукции, предоставляемых производителями на потребительский рынок, является следствием возрастающего разнообразия вкусовых предпочтений. Наряду с расширением ассортимента мучных изделий, улучшением качества и повышением пищевой ценности, основной задачей производителей является сохранение изделий в свежем состоянии. Для сохранения свежести, увеличения сроков хранения без ухудшения органолептических свойств мучных изделий наиболее приемлемым способом является их замораживание. В статье установлена динамика процесса замораживания в зависимости от вида используемой начинки и степени готовности полуфабриката (сырых заготовок, заготовок после расстойки, заготовок после частичной выпечки или полностью готовых изделий) и взаимосвязь с качеством изделий. Наиболее высокое качество изделий из замороженных полуфабрикатов достигается в том случае, когда замораживанию подвергаются заготовки после частичной выпечки (50 % готовности). В статье показано, что при замораживании заготовок изделий с начинкой на основе сыра происходит изменение его липидной фракции: снижается общее содержание липидов за счет их частичной миграции в тестовую часть заготовки, а также происходит некоторое увеличение перекисного и кислотного чисел. Аналогичные изменения происходят при замораживании самой начинки. В случае замораживания изделий, подвергнутых частичной выпечки, изменения липидов менее значительны.

Summary. Satisfying the taste preferences of the main engine of people food. Abundance and diversity of varieties of products provided by the manufacturer to the consumer market, is a consequence of the increasing diversity of taste preferences. Along with the expansion of the range of bakery products, improve the quality and nutritional value, the main task is to preserve the manufacturers of products in a fresh state. To preserve freshness, extend shelf life without deterioration of organoleptic properties of bakery products is the most appropriate way to freeze them. This article determines the dynamics of the freezing process, depending on the kind of filling and semi-finished (raw blanks, blanks after proofing, baking blanks after partial or fully finished products) and the relationship with the quality of products. The highest quality of frozen semi-finished products is achieved when subjected to freeze after partial baking the preform (50 % availability). The article shows that the freezing of products with filling blanks based on a change in his cheese lipid fractions decreased total lipid content due to their partial migration in the test portion of the blank, and there is some increase of peroxide and acid number. Similar changes occur during freezing most of the filling. In the case of freezing of products subjected to partial baking, lipid changes are less significant.

Ключевые слова: технология, замораживание, липиды, осетинский пирог, выпечка, мучные изделия, продукты питания, начинка

Keywords: technology, freezing, lipids Ossetian pie, pastries, pastry, food, stuffing

У населения Северо-Кавказского региона национальные мучные изделия с разнообразными начинками также пользуются популярностью. В качестве начинок используются овощи, листовая зелень, сыры и другие продукты переработки молока, наличие которых существенно повышает пищевую ценность изделий.

Изучение традиционной технологии национальных хлебобулочных изделий привлекло внимание многих исследователей. В ряде работ Г.Г. Дубцова был проведен сравнительный анализ особенностей ассортимента,

© Кусова И.У., Дубцов Г.Г., Быстров Д.И., 2014

технологии и аппаратного оформления производства многих видов национальных хлебных изделий [1]. Благодаря результатам этих исследований, были разработаны промышленные технологии производства многих национальных изделий.

Наряду с расширением ассортимента мучных изделий, улучшением качества и повышением пищевой ценности, основной задачей производителей является сохранение изделий в свежем состоянии. Для сохранения свежести, увеличения сроков хранения без ухудшения органолептических свойств мучных изделий наиболее приемлемым способом является их замораживание.

Производство замороженных мучных полуфабрикатов и их последующее доведение до готовности в условиях пекарен или в домашних условиях становится одним из ведущих направлений развития производства так называемой «удобной пищи». Это направление в первую очередь касается изделий с достаточно сложной технологией и, прежде всего, изделий с начинкой.

Одним из направлений расширения производства осетинских пирогов может явиться организация производства замороженных полуфабрикатов изделий, что требует уточнения параметров процесса замораживания применительно к данному объекту.

Процесс замораживания сопровождается физико-химическими изменениями в полуфаб-

рикатах, которые в конечном итоге влияют на качество и пищевую ценность изделий. Одним из наиболее лабильных компонентов являются липиды, значительное количество которых вносится в изделия вместе с сыром, являющимся обязательным компонентом начинки для осетинских пирогов. Исследовали изменение липидов сыра в процессе замораживания полуфабрикатов осетинских пирогов (таблица 1).

Массовая доля жира в сыре, находящегося в начинке снижается до 6,8 %, очевидно, за счёт миграции части липидов в тесто. При повышении температуры в заготовках дальнейшего перехода липидов из сыра в тесто не происходит, очевидно, вследствие образования липид-белковых комплексов препятствующих дальнейшей миграции липидов в тесто. Происходит увеличение кислотного и перекисного чисел липидов в начинке полуфабрикатов и готового изделия, что указывает на инициирование гидролитических и окислительных процессов происходящих при выпечке изделий (рисунок 1).

Как следует, из приведенных данных наиболее предпочтительным был вариант, в котором заготовку перед замораживанием подвергали частичной выпечке и только после этого замораживали. В этом изделии перекисное число жира было значительно ниже, чем в изделии, подвергнутом полной выпечке до замораживания. Ниже в этом изделии и кислотное число жира.

Т а б л и ц а 1

Влияние процесса замораживания на изменения липидов сыра

Показатели	Сыр осетинский		Мучной полуфабрикат		Готовое изделие
	свежий	замороженный	Сырая заготовка	Недопеченное изделие	
Массовая доля влаги, %	55,9	59,4	54,3	53,1	54
Массовая доля жира, %	17,7	16,4	6,8	6,5	6,7
Содержание жира, % на СВ	40	40,3	-	-	-
Перекисное число, ммоль $\frac{1}{2}$ O/kg	6,3	8,1	75	92,3	183
Кислотное число, мг КОН/г	2,0	2,6	11,1	3,9	4,0

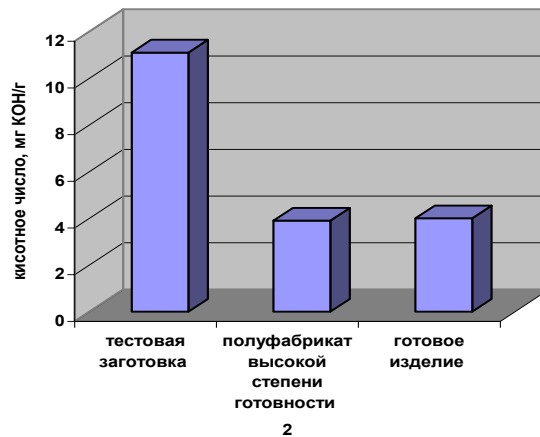
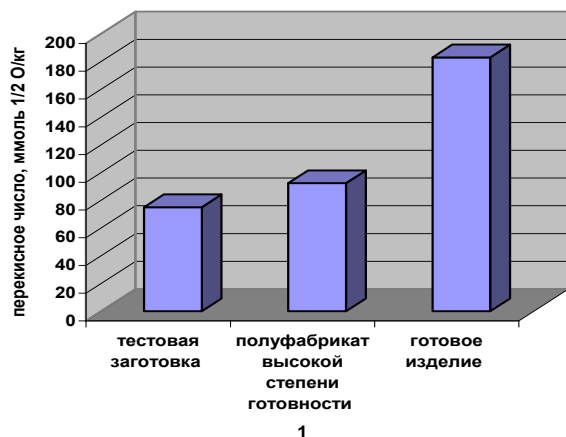


Рисунок 1. Влияние процесса замораживания на изменение липидов мучных национальных изделий с начинками: 1 – перекисное число; 2 – кислотное число.

Провели исследования изменений жирнокислотного состава липидов при замораживании сыра осетинского. Данные определения состава жирных кислот свежего и замороженного сыра позволили выявить следующие изменения (таблица 2): в процессе замораживания несколько снижено количество стеариновой кислоты, и незначительно возрастает количество ряда ненасыщенных жирных кислот, в частности, олеиновой, линолевой и линоленовой, однако эти изменения можно считать несущественными.

Т а б л и ц а 2

Изменения жирнокислотного состава липидов осетинского сыра при замораживании

Название ЖК	Индекс ЖК	Сыр свежий	Сыр замороженный
1	2	3	4
масляная	4:0	0,37	0,37
валериановая	5:0	0,01	0,01
капроновая	6:0	0,69	0,68
энантовая	7:0	0,02	0,02
каприловая	8:0	0,65	0,64
пеларгоновая	9:0	0,02	0,02
каприновая	10:0	1,40	1,24
деценовая	10:1	0,11	0,15
ундекановая	11:0	0,02	0,03
лауриновая	12:0	1,45	1,49
додеценовая	12:1	0,08	0,05
изо-тридекановая	13:O _i	0,09	0,04
антеизо-тридекановая	13:O _{ai}	0,10	0,06
тридекановая	13:0	0,12	0,07
миристиновая	14:O _i	0,12	0,09
миристолеиновая	14:1	8,59	7,65
Тетрадекадиеновая	14:2	0,00	0,00
изо-пентадекановая	15: O _i	0,20	0,39
антеизо-пентадекановая	15: O _{ai}	0,58	0,44
пентадекановая	15:0	1,10	0,86
пентадеценовая	15:1	0,05	0,05
изо-гексадекановая	16: O _i	0,20	0,13
пальмитиновая	16:0	18,84	18,94
гексадеценовая	16:1	0,57	0,74
пальмитолеиновая	16:1 9 - цис	0,90	1,45
гексадекадиеновая	16:2	0,05	0,05
изогептадекановая	17: O _i	0,37	0,35
антеизо-гептадекановая	17: O _{ai}	0,42	0,25
маргариновая	17:0	0,60	0,40
гептадеценовая	17:1	0,26	0,18
изо-октадекановая	18: O _i	0,03	0,03
стеариновая	18:0	16,52	12,14
элаидиновая	18:1 9 - транс	0,56	0,48
олеиновая	18:1 9 - цис	37,50	41,49

Продолжение табл. 2

1	2	3	4
вакценовая	18:1 11 - транс	0,42	0,53
октадеценовая	18:1 11 - цис	0,19	1,13
изо-октадеценовая	18:1i	0,18	0,27
изо-октадекадиеновая	18:2i	0,15	0,29
линолевая	18:2	3,11	3,33
γ-линоленовая	18:3 ω-6	0,05	0,05
α-линоленовая	18:3 ω-3	0,41	1,04
паринаровая	18:4	1,88	0,97
арахиновая	20:0	0,14	0,08
гондоиновая	20:1	0,33	0,56
эйкозадиеновая	20:2	0,02	0,02
эйкозатриеновая	20:3	0,03	0,03
арахидиновая	20:4	0,04	0,04
бегеновая	22:0	0,11	0,05
эруковая	22:1	0,10	0,07

Исследовали изменение состава жирных кислот липидов, выделенных из сырной начинки изделий с различной степенью готовности.

Т а б л и ц а 3

Жирнокислотный состав липидов полуфабрикатов изделий с начинками

Название ЖК	Индекс ЖК	Стадия замораживания		
		Изделие сырое	Изделие полуготовое	Изделие готовое
1	2	3	4	5
масляная	4:0	0,39	0,39	0,44
валериановая	5:0	0,01	0,01	0,01
капроновая	6:0	0,32	0,17	1,20
энантовая	7:0	0,02	0,02	0,02
каприловая	8:0	0,77	0,73	1,19
пеларгоновая	9:0	0,02	0,02	0,02
каприновая	10:0	2,00	2,20	2,53
деценовая	10:1	0,25	0,22	0,26
ундекановая	11:0	0,03	0,03	0,03
лауриновая	12:0	2,41	2,54	2,64
додеценовая	12:1	0,07	0,06	0,08
изо - тридекановая	13:O _i	0,12	0,09	0,09
антеизо-тридекановая	13:O _{ai}	0,10	0,10	0,10
тридекановая	13:0	0,10	0,13	0,13
миристиновая	14:O _i	0,11	0,11	0,11
миристолеиновая	14:1	8,95	8,02	7,69
тетрадекадиеновая	14:2	0,84	0,66	0,61
изо-пентадекановая	15: O _i	0,34	0,22	0,20
антеизо-пентадекановая	15: O _{ai}	0,63	0,42	0,40

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5
пентадекановая	15:0	1,39	0,91	0,89
пентадеценная	15:1	0,05	0,05	0,05
изо-гексадекановая	16:0i	0,35	0,24	0,22
пальмитиновая	16:0	25,71	22,62	23,53
гексадеценная	16:1	0,54	0,54	0,27
пальмитолеиновая	16:1 9 - цис	1,36	1,04	0,96
гексадекадиеновая	16:2	0,05	0,05	0,05
изо-гептадекановая	17:0i	0,48	0,32	0,32
антеизо-гептадекановая	17:0ai	0,46	0,34	0,34
маргариновая	17:0	0,73	0,51	0,51
гептадеценная	17:1	0,28	0,19	0,20
изо-октадекановая	18:0i	0,03	0,03	0,03
стеариновая	18:0	9,14	8,50	8,12
элаидиновая	18:1 9 - транс	0,59	0,58	0,59
олеиновая	18:1 9 - цис	24,21	23,56	20,04
вакценовая	18:1 11 - транс	0,50	0,53	0,44
октадеценная	18:1 11-цис	0,19	0,22	0,21
изо-октадеценная	18:1i	0,44	0,21	0,20
изо-октадекадиеновая	18:2i	0,13	0,17	0,17
линолевая	18:2	13,32	20,61	22,07
γ-линоленовая	18:3 ω-6	0,05	0,05	0,05
α-линоленовая	18:3 ω-3	1,07	1,03	1,80
паринаровая	18:4	0,54	0,62	0,53
арахиновая	20:0	0,24	0,23	0,15
гондоиновая	20:1	0,40	0,40	0,25
эйкозадиеновая	20:2	0,02	0,02	0,02
эйкозатриеновая	20:3	0,03	0,03	0,03
арахидиновая	20:4	0,04	0,04	0,04
бегеновая	22:0	0,09	0,11	0,11
эруковая	22:1	0,10	0,10	0,10

Данные определения жирнокислотного состава липидов начинки показали (таблица 3) что изделия, подвергнутые частичной выпечке до замораживания, содержат меньше отдельных насыщенных (капроновой) и больше ненасыщенных жирных кислот (линолевой кислоты), что, однако, сопоставимо с данными о возможной миграции части липидов после формования изделий из начинки в тесто.

Исходя из данных определений качественных характеристик жировой фракции, а также учитывая результат органолептической оценки, в качестве окончательного был

выбран вариант приготовления замороженных полуфабрикатов пирогов с начинкой, при котором сформированные заготовки подвергали расстойке и частичной выпечке (50 % от полной готовности), а затем замораживали. При этом процесс замораживания частично выпеченных изделий протекает с несколько большей скоростью, чем замораживание полностью готовых изделий (рисунок 2).

После дефростации замороженных полуфабрикатов на предприятиях общественного питания или непосредственно потребителем, изделие допекают. Такой вариант технологии обеспечивает получение изделий с высокими органолептическими характеристиками. В таблице 4 приведены экспериментальные данные о пищевой ценности изделий, приготовленных по предлагаемой схеме.

Таблица 4

Пищевая ценность осетинского пирога с сыром

Пищевые вещества	Суточная потребность в основных пищевых веществах и энергии	Содержание в 100 г готового продукта	Степень удовлетворения адекватной нормы потребления, %
Белки, г	75	9,0	12
Жиры, г	83	6,7	8
Насыщенные жирные кислоты, г	25	3,1	12,4
Полиненасыщенные жирные кислоты, г	11	1,6	14,5
Усвояемые углеводы, г	365	31,5	8,6
Энергетическая ценность, ккал	2500	222	8,8
Минеральные вещества, мг:			
натрий	2400	147	6,1
калий	3500	93	2,6
кальций	1000	148	14,8
магний	400	15	3,7
железо	14	0,7	5
Витамины:			
(ретиноловый эквивалент) РЭ, мкг	1000	30	3
(токоферолэквивалент) ТЭ, мг	10	0,4	4
Витамин С, мг	70	0,3	0,4

Сравнительное определение изменения содержания ряда витаминов в недопеченном и выпеченном изделии (таблица 5).

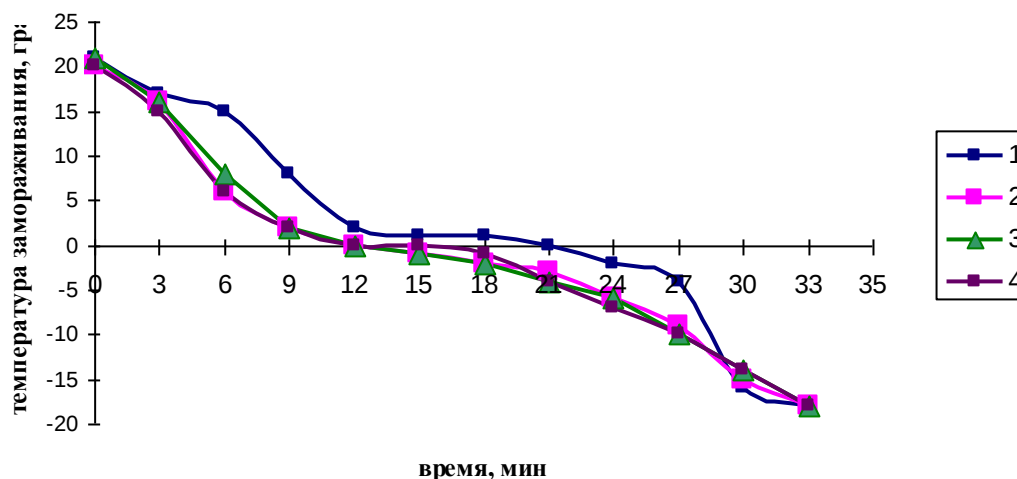


Рисунок 2. Изменение температуры при замораживании заготовок различной степени готовности: 1 – 25% готовности; 2- 50 % готовности; 3 – 75 % готовности; 4 - 100% готовности

Т а б л и ц а 5

Содержание витаминов в недопеченном и выпечённом изделии

Содержание витаминов	Изделие полуготовое (сыр, тесто, свекла)	Изделие готовое (сыр, тесто, свекла)
Ретиноловый эквивалент, мкг/100 г	50	30
Токоферолэквивалент, мг /100 г	0,7	0,4
Аскорбиновая кислота, мг/100 г	1,5	0,3

Проведенные исследования позволили установить, что наиболее высокими показателями качества и наибольшей пищевой ценностью обладают изделия, которые после формования и расстойки подвергались частичной выпечке (в течение 50 % времени, необходимого для полной выпечки), а затем замораживались. В таких изделиях отмечены: наличие витамина А, токоферолов, аскорбиновой кислоты, хотя их доля по отношению к исходному сырому изделию снизилась витамина С в 5 раз, витамина А и токоферолов в 1,6 раза.

ЛИТЕРАТУРА

1 Дубцов Г.Г. Производство национальных хлебных изделий. М.: Агропромиздат, 1991. 141 с.

По итогам работы сделаны следующие выводы:

- установлена динамика процесса замораживания в зависимости от вида используемой начинки и степени готовности полуфабриката (сырых заготовок, заготовок после расстойки, заготовок после частичной выпечки или полностью готовых изделий) и взаимосвязь с качеством изделий. Наиболее высокое качество изделий из замороженных полуфабрикатов достигается в том случае, когда замораживанию подвергаются заготовки после частичной выпечки (50% готовности);

- показано, что при замораживании заготовок изделий с начинкой на основе сыра происходит изменение его липидной фракции: снижается общее содержание липидов за счет их частичной миграции в тестовую часть заготовки, а также происходит некоторое увеличение перекисного и кислотного чисел. Аналогичные изменения происходят при замораживании самой начинки. В случае замораживания изделий, подвергнутых частичной выпечки, изменения липидов менее значительны.

REFERENCES

1 Dubtsov G.G. Proizvodstvo natsional'nykh khlebnykh izdelii [National production of grain products]. Moscow, Agropromizdat, 1991. 141 p. (In Russ.).

Информационные технологии, моделирование и управление

УДК 65.01.85.664

Профессор М.М. Благовещенская, доцент Н.А. Семина
(Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва)
кафедра информационных технологий и автоматизированных систем
тел.+7 (499) 750-01-11

E-mail: mmb@mgupp.ru

профессор И.Г. Благовещенский

(Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва)
кафедра теоретической механики. тел.+7 (916) 964-72-81

E-mail: drbl@bk.ru

генеральный директор С.Д.Савостин

(ОАО «Мелькомбинат в Сокольниках», г. Москва)

тел.+7 (903) 528-57-44

E-mail: savostins@yandex.ru

Professor M.M. Blagoveshchenskaya, associate Professor N.A. Semina
(Moscow State University of Food Production, Moscow) Department of information
technologies and automated systems

phone +7 (499) 750-01-11

E-mail: mmb@mgupp.ru

professor I.G. Blagoveshchensky

(Baumann Moscow state technical university, Moscow) Department of theoretical mechanics
phone (916) 964-72-81

E-mail drbl@bk.ru

general director S.D. Savostin

(JSC "Melkombinat in Sokolniki", Moscow)

phone +7 (499) 750-01-11

E-mail: mmb@mgupp.ru

Использование цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика системы автоматического регулирования процесса формования гранулированных комбикормов

Using a digital video camera as the smart sensor of the system for automatic process control of granular fodder molding

Реферат. Важнейшей операцией производства гранулированных комбикормов является процесс формования. В процессе формования определяются структурно-механические свойства гранулированных комбикормов, обуславливающие ход технологического процесса и качество готовых изделий. В статье проведен анализ возможности использования цифровой видеокамеры (ЦВК) в качестве интеллектуального датчика для систем контроля, управления и регулирования процессом формования гранулированных комбикормов. Представлена разработанная параметрическая модель процесса формования жгутов из гранулированной комбикормовой массы. Определены динамические характеристики процесса формования. Разработана математическая модель движения жгута гранулированной комбикормовой массы после выхода из матричного отверстия. Показана разработанная математическая модель системы автоматического регулирования (САР) с использованием эталонного видеокadra в качестве датчика в программной среде MATLAB. В качестве параметра процесса формования жгутов предложено использовать величину удельной площади, определяемой при математической обработке видеокadra. Разработаны алгоритмы программ для определения по изображениям видеокadров изменения структурно-механических свойств комбикормовых масс. Произведена цифровая видеосъемка различных режимов работы формирующей машины и после математической обработки видеозаписи определены передаточные функции при использовании в качестве регулируемых параметров изменение удельной площади. Построены и проанализированы структурная и функциональная схемы системы регулирования процесса формования пищевых жгутов с использованием цифровой видеокамеры. На основании решения уравнений динамики жидкости получена математическая модель движения жгута после выхода из матричного отверстия, в которой, помимо вязкости, учтено свойство ползучести, характерное для комбикормовых масс. Разработана в Simulink математическая модель САР процесса формования жгута, позволяющая исследовать переходные процессы, происходящие в системе регулирования, использующей цифровую видеокамеру в качестве интеллектуального датчика. Разработан алгоритм принятия решений для формирования регулирующего воздействия при использовании цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика. Описана разработанная система автоматического регулирования (САР) процесса формования гранулированных комбикормов на базе использования в качестве интеллектуального датчика цифровой видеокамеры.

© Благовещенская М.М., Семина Н.А.,
Благовещенский И.Г., Савостин С.Д., 2014

Summary. The most important operation of granular mixed fodder production is molding process. Properties of granular mixed fodder are defined during this process. They determine the process of production and final product quality. The possibility of digital video camera usage as intellectual sensor for control system in process of production is analyzed in the article. The developed parametric model of the process of bundles molding from granular fodder mass is presented in the paper. Dynamic characteristics of the molding process were determined. A mathematical model of motion of bundle of granular fodder mass after matrix holes was developed. The developed mathematical model of the automatic control system (ACS) with the use of etalon video frame as the set point in the MATLAB software environment was shown. As a parameter of the bundles molding process it is proposed to use the value of the specific area defined in the mathematical treatment of the video frame. The algorithms of the programs to determine the changes in structural and mechanical properties of the feed mass in video frames images were developed. Digital video shooting of various modes of the molding machine was carried out and after the mathematical processing of video the transfer functions for use as a change of adjustable parameters of the specific area were determined. Structural and functional diagrams of the system of regulation of the food bundles molding process with the use of digital camcorders were built and analyzed. Based on the solution of the equations of fluid dynamics mathematical model of bundle motion after leaving the hole matrix was obtained. In addition to its viscosity, creep property was considered that is characteristic of the feed mass. The mathematical model ACS of the bundles molding process allowing to investigate transient processes which occur in the control system that uses a digital video camera as the smart sensor was developed in Simulink. Decision algorithm for generating regulatory impact when using a digital video camera as the smart sensor was developed. The developed automatic control systems (ACS) of the process of granular fodder molding based on the use of digital video camera as an intelligent sensor was described.

Ключевые слова: автоматические системы управления, математическое моделирование, цифровая видеосъемка, интеллектуальный датчик, процесс формирования комбикормовых масс.

Keywords: automatic control systems, mathematical modeling, digital video, intelligent sensor, feed masses molding process.

Гранулированные комбикорма изготавливают для всех видов животных, птиц и рыб. Размеры гранул зависят от вида и возраста животных, способов кормления. Для взрослых птиц (кур, уток, гусей, индеек) диаметр гранул составляет 4,7...9,7 мм; взрослого крупного рогатого скота – 4,7... 19,0; взрослых овец – 4,7... 12,7 мм; лошадей – 4,7... 19,0 мм; рыб – 4,7 мм и т. д. При гранулировании можно применять связующие вещества с одновременным пропариванием или без пропаривания. В качестве таких веществ используют соленый гидрол, мелассу, кукурузный экстракт и другие, а также воду.

Преобразование дисперсных материалов в гранулы с заданными структурно-механическими свойствами может осуществляться различными способами. Известны принципиально различные способы связывания сыпучих материалов в агрегаты. Выбор способа и средств для уплотнения дисперсных сред зависит от структурно-механических свойств исходного материала и требований к показателям качества конечного продукта.

Гранулирование прессованием – наиболее распространенный способ связывания сыпучих материалов, направленный на получение определенной структуры с помощью внешних механических воздействий. Для этой цели применяют формирующие, прокатывающие и выдавливающие установки. Сущность процесса – объемное сжатие и сдвиг прессуемой смеси, в большинстве случаев ее пластификация и структурирование, и затем формирование массы в гранулы. В технике применяют прессы периодического действия (штемпельные, рычажные, карусельные, гидравлические и др.) и непрерывного ротационного принципа (кольцевые, вальцовые).

Гранулирование выдавливанием может осуществляться двумя способами: влажным и сухим. При влажном гранулировании прессуе-

мую массу с помощью дисперсионной среды вначале переводят в пастообразное пластифицированное состояние, а затем подвергают формованию и кристаллизации. Наибольшее распространение получил способ сухого гранулирования. После контроля по примесям рассыпной комбикорм подается в прессующую установку, где обрабатывается паром и посредством выдавливания смеси через отверстия матрицы формируется в гранулы, которые после охлаждения в специальной колонке и просеивания поступают в склад готовой продукции. Преимуществом является наличие высокопроизводительного прессующего оборудования при относительно небольших расходах электроэнергии, кроме того, обработка паром способствует достижению требуемых санитарно-гигиенических показателей качества комбикормов. Производство комбикормов на предприятии ведется с использованием требуемых технологических операций и линий по приему и размещению сырья в хранилищах. Процесс выполняется по утвержденной технологической схеме завода. Количество технологических линий устанавливается в соответствии с требованиями на производство отдельных видов комбикормов.

Актуальной задачей производства гранулированных комбикормов является получение готовых изделий заданного качества. Важнейшей операцией производства гранулированных комбикормов является процесс формования. В процессе формования определяются структурно-механические свойства гранулированных комбикормов, обуславливающие ход технологического процесса и качество готовых изделий [1].

Решение этой проблемы тесно связано с широкой автоматизацией технологических процессов, внедрением новых интеллектуальных технологий, появлением необходимых средств контроля для реализации автоматизированных систем управления, проведением организационно-технических мероприятий, способствующих

улучшению качества и увеличению ассортимента выпускаемых пищевых продуктов [2].

Наши исследования были направлены на разработку автоматизированной информационно-измерительной системы для мониторинга структурно-механических свойств гранулированных комбикормов после формования.

Эффективное использование цифровой видеотехники в системах автоматизации производства, прежде всего, наблюдается на наиболее развитых производствах с общей высокой культурой и технологией. Существующие методы цифровой обработки изображений ориентированы на удовлетворение интересов человека (распознавание текста и других образов, фильтрация и улучшение изображения с точки зрения человеческого зрения и т.д.). Важной областью применения цифровых изображений, регистрируемых цифровой видеокамерой (ЦВК) в видимом диапазоне, является автоматический контроль выпускаемой продукции. Например, в электронной промышленности – контроль наличия всех компонентов в движущихся на конвейере печатных платах сложных электронных устройств. Компьютерный визуальный контроль отсутствия пустых мест в движущейся упаковке таблеток используется в фармацевтической промышленности. В пищевой промышленности начинает использоваться компьютерная видеосъемка для: выявления недостаточно заполненных бутылок на производственной линии; комплектности конечной упаковки изделий или наличия брака в виде отдельных подгоревших кукурузных хлопьев, проходящих контроль по цвету; оценки структурно-механических свойств шоколадных масс. Данное направление является актуальным, поэтому необходимо более широкое использование цифровой видеосъемки в САР различных технологических процессов пищевых производств [3, 4].

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработаны теоретические основы обработки информации, поступающей от видеокамеры в САР [5];

- проведен анализ возможности использования цифровой видеосъемки в пищевой промышленности на примере формования жгутов из пищевой массы;

- проведен анализ использования ЦВК в качестве интеллектуального датчика для систем контроля, управления и регулирования;

- разработана параметрическая модель процесса формования жгутов из пищевой массы;

- определены динамические характеристики процесса формования;

- разработана математическая модель движения жгута пищевой массы после выхода из матричного отверстия [6];

- разработана математическая модель САР с использованием эталонного видеокadra в качестве задатчика в программной среде MATLAB;

- в качестве параметра процесса формования жгутов предложено использовать величину удельной площади, определяемой при математической обработке видеокadra;

- разработаны алгоритмы программ для определения по изображениям видеокadров изменения структурно-механических свойств пищевых масс [7, 8];

- разработаны критерии сравнения визуальных параметров, получаемых после обработки изображения видеокadra. Кроме точности определения визуального параметра, времени, необходимого для его расчета и времени запаздывания реакции на входное возмущение, предложен критерий визуальной устойчивости, отражающий чувствительность измеряемого параметра к случайным механическим сдвигам видеокамеры [9];

- произведена цифровая видеосъемка различных режимов работы формующей машины и после математической обработки видеозаписи определены передаточные функции при использовании в качестве регулируемых параметров таких выходных параметров как изменение расстояния до точки касания жгута к транспортной ленте и изменение удельной площади;

- подтверждена эффективность использования величины удельной площади как при анализе производственного процесса формования, так и в качестве регулируемого параметра в САР процесса формования пищевого жгута. Именно удельная площадь оказалась наиболее чувствительным параметром, отражающим динамику процесса формования и обладающим минимальным запаздыванием;

- построены и проанализированы структурная и функциональная схемы системы регулирования процесса формования пищевых жгутов с использованием цифровой видеокамеры;

- на основании решения уравнений динамики жидкости получена математическая модель движения жгута после выхода из матричного отверстия, в которой, помимо вязко-

сти, учтено свойство ползучести, характерное для комбикормовых масс;

- показаны преобразования структурных схем, позволяющие совместить экспериментальные и теоретические передаточные функции в единую систему для моделирования САР процесса формования жгута;

- разработана в Simulink математическая модель САР процесса формования жгута, позволяющая исследовать переходные процессы, происходящие в системе регулирования, использующая цифровую видеокамеру в качестве интеллектуального датчика;

- разработан алгоритм принятия решений для формирования регулирующего воздействия при использовании цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика;

- разработана САР технологических процессов пищевых производств с использованием ЦВК в качестве интеллектуального датчика.

Сформулированы предложения для обеспечения широкого использования ЦВК в качестве интеллектуального датчика:

- возможность установки ЦВК необходимо предусматривать на стадии проектирования технологического оборудования;

- для получения изображений внутри герметичных объёмов технологического оборудования необходима разработка миниатюрных устройств, включающих ЦВК и светодиоды для подсветки наблюдаемого объекта;

- для расширения области использования ЦВК необходимо проведение прикладных научных исследований по изучению связи режимов обработки пищевого полуфабриката с изменением его визуальных характеристик (цвет, размер, форма и текстура поверхности);

- для использования ЦВК в качестве интеллектуального датчика необходимо решение проблемы метрологического обеспечения и сертификации измерительных комплексов "ЦВК – программное обеспечение".

Для получения из видеокadra информации о величине управляющего сигнала, подаваемого на исполнительное устройство, необходимо определить последовательность функционалов, преобразующих матрицу изображения видеокadra:

$$u(t) = \tilde{\Phi}_n < \dots \{ \tilde{\Phi}_3 [\tilde{\Phi}_2 (\tilde{\Phi}_1 [M_{ijn}(t)])] \} >, \quad (1)$$

где Φ – векторный функционал, обеспечивающий одностороннее отображение множества (матрицы) M_a в другое множество (матрицу) M_b действительных чисел. Векторность функ-

ционала говорит о невозможности обратного однозначного отображения. Для решения задачи сведения трехмерной матрицы изображения к численному значению определяемого параметра необходимо найти последовательность $\Phi_1 \dots \Phi_n$ отображений.

Как и в любой САР, где применяются датчики уровня отслеживаемого параметра, так и в случае использования цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика целесообразно использовать эталонный видеокادر в качестве задатчика. К эталонному и текущему видеокадрам должны применяться для обработки одни и те же последовательности функционалов, после чего производится вычитание полученных изображений для определения управляющего воздействия.

Разработана методика подготовки к цифровой видеосъемке и методика проведения экспериментальной видеосъемки процесса формования комбикормовых жгутов в производственных условиях. С помощью этих методик и компьютерной программы, разработанных для оценки стабильности скорости записи цифровой видеокамеры с помощью монитора персонального компьютера, показано, что скорость видеосъемки (интервал времени между соседними кадрами) колеблется от кадра к кадру со средним периодом 0,2 с.

Разработана методика математической обработки видеофильмов, снимаемых в процессе проведения эксперимента, а также алгоритмы обработки экспериментальных видеокadров с использованием в качестве функционалов, преобразующих матрицы изображений видеокadров, функций математических пакетов "Image Processing Toolbox (IPT)" и "Digital Image Processing Using MATLAB (DIPUM)" в среде программного комплекса MATLAB. При этом проиллюстрированы изменения, происходящие с изображением исходного видеокadra после применения соответствующих функций.

В качестве параметра процесса формования предложена величина удельной площади, равная $S_{y\phi} = S/(x_2 - x_1)$. На основе анализа процесса формования жгута под произвольным углом разработана параметрическая модель процесса формования жгутов (рисунок 1). В общем случае входными параметрами являются: скорость выхода жгута из матричного отверстия (v_m); реологические свойства комбикормовой массы (PCM); температура формируемой массы (T_ϕ) и скорость транспортёрной ленты (v_{ml}). Эти параметры можно регулиро-

вать за счёт изменения: скорости нагнетания комбикормовой массы, введения других рецептурных компонентов в эту массу, температуры термостатирования камеры (рисунок 2).

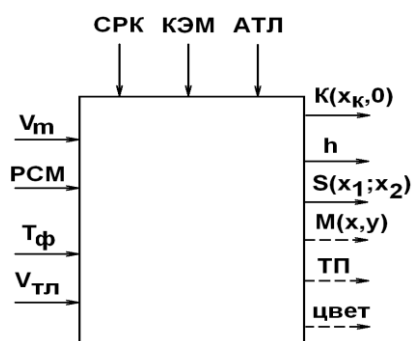


Рисунок 1. Параметрическая схема для формования жгута из матричного отверстия

В зависимости от изменения этих параметров будут изменяться такие выходные параметры как расстояние до точки касания ($K(x_k, 0)$); высота жгута (h); удельная площадь ($S(x_1, x_2)$); координаты максимального уровня жгута ($M(x, y)$); текстура ($ТП$) и цвет поверхности жгута. При этом случайным образом могут немного изменяться физико-химические свойства любого рецептурного компонента (СРК) и адгезионные свойства поверхности транспортной ленты (АТЛ), возникать краевые эффекты на выходе формирующего отвер-

стия матрицы (КЭМ), влияющие на выходные параметры процесса формования.

Выявлено, что с учётом конструкции рабочего экструдера и условий проведения экспериментальной видеосъёмки упрощается параметрическая схема, в которой изменяется состав входных и выходных параметров, а также влияющих случайных воздействий.

Обработаны и проанализированы экспериментальные данные переходных процессов, возникающих после резкого увеличения или снижения скорости нагнетания комбикормовой массы. После обработки экспериментальной цифровой видеосъёмки переходного процесса, были определены передаточные функции:

$$W_K(s) = \frac{-10,8959 \cdot \exp(-0,4082 \cdot s)}{s + 1,8147} \quad \text{и}$$

$$W_O(s) = \frac{-0,6259 \cdot \exp(-0,2501 \cdot s)}{s + 0,6657}, \quad (2)$$

связывающие между собой, соответственно, изменение расстояния до точки касания и изменение удельной площади в зависимости от изменения скорости нагнетания комбикормовой массы. Из выражений (2) видно, что время запаздывания меньше для удельной площади, поэтому этот параметр быстрее реагирует на изменение динамики процесса формования.



Рисунок 2. Изменение удельной площади при увеличении скорости нагнетания комбикормовой массы

Построена и проанализирована структурная схема системы регулирования процесса формования комбикормовых жгутов с использованием цифровой видеокамеры. На её основе построена и проанализирована функциональная схема системы автоматического регулирования с использованием цифровой видеокамеры в контуре управления. Показано, что эту систему управления с цифровой видеокамерой можно отнести к классу из-

вестных дискретных систем управления с ЭВМ, теоретические основы которых уже используются в проектировании систем управления технологическими процессами.

На рисунке 3 представлена разработанная блок-схема алгоритма управления, на основе которого интеллектуальная система принимает решение об изменении регулирующих воздействий.



Рисунок 3. Блок-схема алгоритма управления, на основе которого интеллектуальная система принимает решение об изменении регулирующих воздействий

Разработана в Simulink модель САР процесса формования комбикормового жгута (рисунок 4), позволяющая исследовать переходные процессы, происходящие в системах регулирования процесса формования жгута, использующих цифровую видеокамеру в качестве интеллектуального датчика.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бутковский В.А., Мерко А.И. Мельников Е.М. Технологии зерноперерабатывающих производств: учебник. М.: Интерграф сервис, 1999. 472 с.
- 2 Благовещенская М.М., Злобин Л.А. Информационные технологии систем управления технологическими процессами: учебник для вузов. М.: Высшая школа, 2005. 768 с.
- 3 Благовещенская М.М., Петров И.К. Комплексная оценка качества пищевых продуктов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 1984. № 4. С. 83-85.
- 4 Троицкий А.К., Благовещенский И.Г. Возможность использования обработки изображений для контроля качества кондитерской продукции // Материалы Международной научно-практической конференции «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины». М.: Изд. комплекс МГУПП, 2012. С. 160-165.

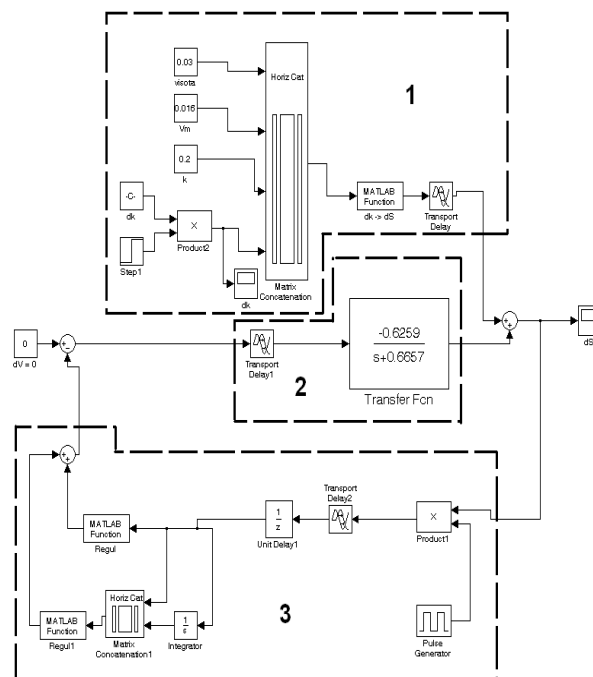


Рисунок 4. Математическая модель САР на основе измерения удельной площади.

Использование ЦВК в отраслях пищевой промышленности имеет широкие перспективы и повышает уровень автоматизации и пищевой безопасности производства.

- 5 Троицкий А.К., Благовещенский И.Г. Теоретические основы использования системы технического зрения в системе автоматического управления технологическим процессом // Материалы Международной научно-практической конференции «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины». М.: Изд. комплекс МГУПП, 2012. С. 165-172.
- 6 Благовещенская М.М., Иванов Я.В. Вычитание изображений в программе MATLAB // Сб. докладов IV международной конференции-выставки "Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации". Часть 2. М.: МГУПП, 2006. С. 130-132.
- 7 Иванов Я.В., Благовещенская М.М. Использование цифровых видеокамер в системах автоматического управления технологическими процессами пищевых производств // Сб. материалов V юбилейной школы-конференции с международным участием "Высокоэффективные

пищевые технологии, методы и средства для их реализации". М.: МГУПП, 2007. С. 347-349.

8 Благовещенская М.М., Иванов Я.В. Математическое моделирование движения жгута пищевой массы после горизонтального пресования // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. 2008. № 6. С. 164-166.

9 Благовещенская М.М., Иванов Я.В. Использование интеллектуального датчика в системе автоматического управления технологическими процессами // Сб. докладов X международной научно-практической конференции "Автоматизация и информационное обеспечение производственных процессов в сельском хозяйстве". Часть 2. М.: ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, 2008. С. 448-451.

REFERENCES

1 Butkovskii V.A., Merko A.I., Melnikov E.M. Tekhnologii zernopererabatyvaiushchikh proizvodstv [Grain processing technology industries]. Moscow, Intergraf servis, 1999. 472 p. (In Russ.).

2 Blagoveshchenskaia M.M., Zlobin L.A. Informatsionnye tekhnologii system upravleniia tekhnologicheskimi protsessami [Information technologies for process control systems]. Moscow, Vysshaia shkola, 2005. 768 p. (In Russ.).

3 Blagoveshchenskaia M.M., Petrov I.K. Comprehensive assessment of the quality of food. *Izvestiia vysshykh uchebnykh zavedenii. Pishchevaia tekhnologiya*. [Proceedings of the higher educational institutions. Food technology], 1984, no. 4, pp. 83-85. (In Russ.).

4 Troitskii A.K., Blagoveshchenskii I.G. Ability to use image processing for quality control confectionery. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlia otraslei pishchevoi promyshlennosti i meditsiny"* [International scientific and practical conference "Planning and provision of training and retraining for the food industry and medicine"]. Moscow, 2012. pp. 160-165. (In Russ.).

5 Troitskii A.K., Blagoveshchenskii I.G. Theoretical basics of using a vision system in the system of the automatic process control. *Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Planirovanie i obespechenie podgotovki i perepodgotovki kadrov dlia otraslei pishchevoi promyshlennosti i meditsiny"* [International scientific and practical conference "Planning and provision of training and retraining for the food industry and medicine"]. Moscow, 2012. pp. 165-172. (In Russ.).

6 Blagoveshchenskaia M.M., Ivanov Ia.V. Subtraction images in MATLAB. *Sbornik dokladov IV mezhdunarodnoi konferentsii-vystavki "Vysokoeffektivnye pishchevye tekhnologii, metody i sredstva dlia ikh realizatsii"* Chast' 2 [Proceedings IV International Conference and Exhibition "High food technology, methods and tools for their implementation" Part 2]. Moscow, 2006, pp. 130-132. (In Russ.).

7 Ivanov Ia.V., Blagoveshchenskaia M.M. The use of digital cameras in automatic process control of food production. *Sbornik materialov V iubileinoi shkoly-konferentsii "Vysokoeffektivnye pishchevye tekhnologii, metody i sredstva dlia ikh realizatsii"* [Collected materials V Jubilee school conference with international participation "High food technology, methods and tools for their implementation"], Moscow, 2007, pp.347-349. (In Russ.).

8 Blagoveshchenskaia M.M., Ivanov Ia.V. Mathematical modeling of motion harness food mass after horizontal compression. *Zhurnal nauchnykh publikatsii aspirantov i doktorantov*. [Journal of scientific publications graduate and doctoral students], 2008, no. 6, pp. 164-166. (In Russ.).

9 Blagoveshchenskaia M.M., Ivanov Ia.V. Using a smart sensor system for automatic process control. *Sbornik dokladov X mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Avtomatizatsiia i informatsionnoe obespechenie proizvodstvennykh protsessov v sel'skom khoziaistve"* Chast' 2 [Collection of reports X International Scientific-Practical Conference "Automation and information support of production processes in agriculture" Part 2]. Moscow, 2008, pp. 448-451. (In Russ.).

УДК 532

Профессор В.Н. Колодежнов

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра физики

тел. 8-910 -249 32-58

E-mail: kvn117@mail.ru

Professor V.N. Kolodezhnov

(Voronezh state university of engineering technology) Department of physics

phone 8-910 -249 32-58

E-mail: kvn117@mail.ru

Математическая модель реологического поведения вязкопластической жидкости, которая демонстрирует проявление эффекта “отвердевания”

Mathematical model of the rheological behavior of viscoplastic fluid, which demonstrates the effect of “solidification”

Реферат. Дана характеристика аномального поведения некоторых видов суспензий на основе полимерных композиций и мелкодисперсных частиц. В случае простейшего, одномерного, сдвигового, вискозиметрического течения такие материалы демонстрируют следующее механическое поведение. Если касательное напряжение не превосходит некоторого критического значения, то деформирование материала отсутствует. При превышении этого порогового значения начинается процесс течения. Такое поведение хорошо известно и соответствует реологическим моделям вязкопластической жидкости. Однако дальнейшее увеличение скорости сдвига приводит к проявлению эффекта “отвердевания”. Предложена реологическая модель механического поведения таких вязкопластических жидкостей, которые демонстрируют проявление эффекта “отвердевания”. Эта модель содержит четыре эмпирических параметра. Графически представлено влияние показателя степени в реологической модели на зависимости касательного напряжения и эффективной вязкости от скорости сдвига. Проведено обобщение рассмотренной реологической модели на случай пространственного течения.

Summary. The irregular behavior of some kinds of suspensions on the basis of polymeric compositions and fine-dispersed fractions is characterized. As a simple, one-dimensional, shearing, viscometric flow such materials demonstrate the following mechanical behavior. There is no deformation if the shear stress does not exceed a certain critical value. If this critical value is exceeded, the flow is begins. This behavior is well-known and corresponds to the rheological models of viscoplastic fluid. However, further increase in the shear rate results in “solidification”. The rheological model of such viscoplastic fluids, mechanical behavior demonstrating the “solidification” effect is offered. This model contains four empirical parameters. The impact of the exponent on the dependence of the shearing stress and effective viscosity on the shear rate in the rheological model is graphically presented. The rheological model extrapolation on the three-dimensional flow is proposed.

Ключевые слова: реологическая модель, вязкопластическая жидкость, эффект “отвердевания”.

Keywords: rheological model, viscoplastic fluid, the effect of “solidification”.

Известен целый ряд материалов на основе полимерных композиций и мелкодисперсных частиц, которые демонстрируют аномальные реологические свойства. Существо таких аномалий заключается в следующем. В обычном (как правило, статическом) состоянии изделия из этих материалов под воздействием сравнительно небольших усилий не деформируются и, вполне, сохраняют свою форму. При превышении же прикладываемым усилием некоторого предельного (порогового) значения начинается процесс “течения” (деформирования). Такое поведение сплошных сред хорошо известно и укладывается в представление о вязкопластических жидкостях [1]. Однако по мере

увеличения скорости деформирования (скорости сдвига), материалы такого рода проявляют уже дилатантное поведение. Причем, приближение модуля скорости сдвига к некоторому критическому (но конечному) значению $\dot{\gamma}_1$ приводит к тому, что кривая течения, построенная в координатах “скорость сдвига – касательное напряжение”, начинает демонстрировать резкое возрастание своей крутизны. При этом, дилатантное поведение жидкости усиливается настолько, что наиболее деформируемые области течения (где скорость сдвига непосредственно приближается к своему критическому значению) начинают вести себя практически подобно твердому телу.

© Колодежнов В.Н., 2014

Такое поведение рассматриваемых материалов можно интерпретировать, как проявление эффекта “отвердевания” [2-4]. Известны примеры практического применения таких вязкопластических материалов [5], демонстрирующих эффект “отвердевания”. В [6] на уровне соответствующего механического аналога указывалось на возможность построения реологической модели вязкопластических жидкостей, которые могут также демонстрировать и проявление эффекта “отвердевания”.

Далее представлена реологическая модель вязкопластической жидкости, демонстрирующей проявление эффекта “отвердевания”. Рассмотрим, прежде всего, сдвиговое вискозиметрическое течение с одной, тождественно не равной нулю, составляющей скорости.

Качественно, зависимость касательного напряжения $\tau(|\dot{\gamma}|)$ от скорости сдвига $\dot{\gamma}$ для материалов с указанным выше реологическим поведением должна иметь вид, представленный на рисунке 1.

Особенности такой кривой течения заключаются в следующем.

До тех пор, пока выполняется условие $|\tau| < \tau_0$, скорость сдвига равняется нулю (деформирование отсутствует). В этом диапазоне изменения касательного напряжения материал должен вести себя подобно твердому телу.

При превышении же модулем касательного напряжения соответствующего порогового значения $\tau_0 > 0$ начинается процесс течения (деформирования). При этом связь между $|\tau|$ и $|\dot{\gamma}|$ должна иметь нелинейный характер, поскольку при приближении скорости сдвига к некоторому критическому значению ($|\dot{\gamma}| \rightarrow \dot{\gamma}_1$), крутизна кривой течения должна неограниченно возрастать:

$$\lim_{|\dot{\gamma}| \rightarrow \dot{\gamma}_1} \left\{ \frac{d|\tau(|\dot{\gamma}|)|}{d|\dot{\gamma}|} \right\} = \infty. \quad (1)$$

Поскольку крутизна кривой течения характеризует, вообще говоря, эффективную вязкость μ_{eff} жидкости, такой характер зависимости $\tau(|\dot{\gamma}|)$, связанный с неограниченным возрастанием μ_{eff} , и можно интерпретировать, как проявление эффекта “отвердевания”.

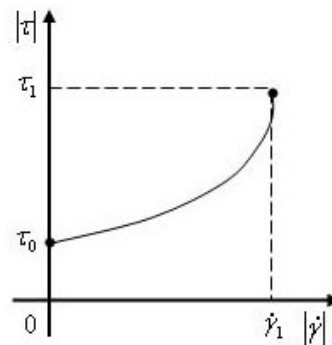


Рисунок 1. Характер кривой течения для вязкопластических материалов с эффектом “отвердевания”.

Таким образом, собственно течение будет иметь место лишь в тех зонах области, заполненной рассматриваемой жидкостью, где выполняется условие:

$$\tau_0 < |\tau| < \tau_1. \quad (2)$$

Все вышеизложенное означает, что в той области, где находится жидкость, наряду с зоной течения могут иметь место и зоны, в которых жидкость ведет себя подобно твердому телу. Причем, эти зоны могут быть двух типов.

Жесткие зоны первого типа должны быть обусловлены пластическими свойствами материала. На границе этих жестких зон с зоной течения выполняется условие $|\tau| = \tau_0$.

Жесткие зоны второго типа должны быть обусловлены проявлением эффекта “отвердевания” и на их границах с зоной течения должно выполняться условие $|\tau| = \tau_1$.

Учитывая, что, априори, предполагается выполнение неравенства $\tau_0 < \tau_1$, жесткие зоны первого и второго типов всегда должны быть разделены зоной течения.

Все эти особенности механического поведения сплошных сред такого рода можно для диапазона (2) описать в рамках реологического соотношения:

$$|\tau| = A + B \cdot (\dot{\gamma}_1 - |\dot{\gamma}|)^n. \quad (3)$$

Константы A и B определяются с учетом удовлетворения следующим условиям:

$$|\tau(0)| = \tau_0; \quad |\tau(\dot{\gamma}_1)| = \tau_1$$

и могут быть представлены через основные реологические параметры модели следующим образом:

$$A = \tau_1; \quad B = -(\tau_1 - \tau_0) \cdot \dot{\gamma}_1^{-n}. \quad (4)$$

В соотношении (3) предполагается, что на реологическую константу n накладывается ограничение вида:

$$0 < n < 1.$$

Последнее условие заведомо обеспечивает выполнение (1) при $|\dot{\gamma}| \rightarrow \dot{\gamma}_1$ и, соответственно, моделирование эффекта “отвердевания”.

Характер влияния реологической константы n на кривые течения, построенные в безразмерных координатах:

$$|\tau'| = \frac{|\tau| - \tau_0}{\tau_1 - \tau_0}; \quad |\dot{\gamma}'| = \frac{|\dot{\gamma}|}{\dot{\gamma}_1}, \quad (5)$$

иллюстрируют данные, представленные на рисунке 2. В соотношениях (5) и далее верхним штрихом отмечены безразмерные величины.

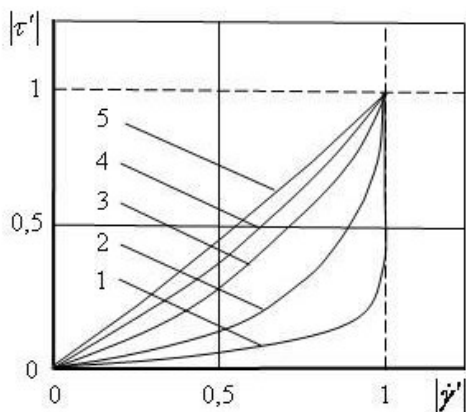


Рисунок 2. Влияние параметра n на кривые течения вязко-пластической жидкости с эффектом “отвердевания”: $n = 0.1$ (1); 0.3 (2); 0.5 (3); 0.7 (4); 0.9 (5).

Влияние этого же параметра на безразмерную эффективную вязкость:

$$\mu'_{eff} = \frac{\mu_{eff}}{\mu_s};$$

$$\mu_{eff} = \frac{d|\tau|}{d|\dot{\gamma}|}; \quad \mu_s = \frac{\tau_1 - \tau_0}{\dot{\gamma}_1},$$

можно проследить по зависимостям, представленным графически на рисунке 3. Здесь μ_s представляет собой принимаемое в качестве масштабного значение динамической вязкости.

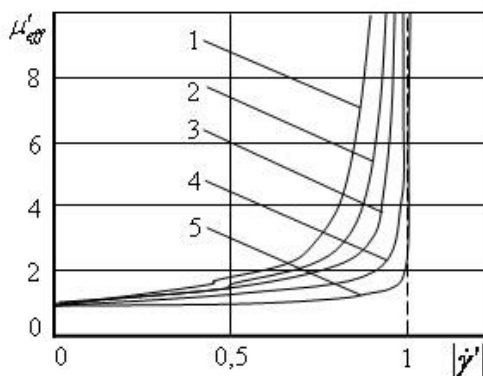


Рисунок 3. Влияние параметра n на эффективную вязкость: $n = 0.1$ (1); 0.3 (2); 0.5 (3); 0.7 (4); 0.9 (5).

На рисунке 3 линия $|\dot{\gamma}'| = 1$ является вертикальной асимптотой к графикам зависимости эффективной вязкости от модуля скорости сдвига.

Проведенное рассмотрение для простейшего вискозиметрического течения с одной, тождественно не равной нулю, составляющей скорости приводит к следующей реологической модели вязко-пластической жидкости с четырьмя константами $n, \dot{\gamma}_1, \tau_0, \tau_1$, которая демонстрирует проявление эффекта “отвердевания”:

$$|\dot{\gamma}| = \begin{cases} 0; & |\tau| < \tau_0; \\ \left[1 - \left(\frac{\tau_1 - |\tau|}{\tau_1 - \tau_0} \right)^{\frac{1}{n}} \right] \cdot \dot{\gamma}_1; & \tau_0 \leq |\tau| \leq \tau_1; \end{cases}$$

Рассмотрим теперь обобщение предложенного соотношения (3) с учетом (4) на случай произвольного течения.

Наиболее часто модель нелинейно-вязкой жидкости на уровне связи между компонентами тензоров напряжений и скоростей деформаций представляют в форме:

$$\tau_{ij} = -P \cdot \delta_{ij} + 2 \cdot \mu(I_2) \cdot \varepsilon_{ij}; \quad i, j = 1, 2, 3; \quad (6)$$

$$I_2 = \varepsilon_{11} \cdot \varepsilon_{22} + \varepsilon_{22} \cdot \varepsilon_{33} + \varepsilon_{33} \cdot \varepsilon_{11} - \varepsilon_{12}^2 - \varepsilon_{23}^2 - \varepsilon_{31}^2,$$

где $\tau_{ij}, \varepsilon_{ij}$ - компоненты тензоров напряжений и скоростей деформаций, соответственно; P - давление; δ_{ij} - символ Кронекера; $\mu(I_2)$ - функция второго инварианта I_2 тензора скоростей деформаций.

Принимая за основу выражение (3), с учетом (4) можно для зоны течения вязкопластической жидкости с эффектом “отвердевания” в общем случае предложить следующее соотношение:

$$\mu(I_2) = \frac{1}{2 \cdot \sqrt{|I_2|}} \cdot \left\{ \tau_1 - (\tau_1 - \tau_0) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{|I_2|}{I_{2crit}}} \right)^n \right\}; \quad (7)$$

$$|I_2| \leq I_{2crit},$$

где I_{2crit} - критическое значение модуля второго инварианта тензора скоростей деформаций, при приближении к которому ($|I_2| \rightarrow I_{2crit}$) начинает проявляться эффект “отвердевания”.

Заметим, что в частном случае простейших вискозиметрических течений, когда:

$$\dot{\gamma} = 2 \cdot \varepsilon; \quad I_2 = -\varepsilon^2 = -\frac{1}{4} \cdot \dot{\gamma}^2; \quad \dot{\gamma}_1 = 2 \cdot \sqrt{I_{2crit}},$$

соотношения (6), (7) трансформируются к виду (3) с учетом (4). Здесь ε - единственная, тождественно не равная нулю, составляющая тензора скоростей деформаций.

Естественно, что параметр $I_{2,crit}$ следует рассматривать, как самостоятельную реологическую константу, характеризующую поведение конкретной жидкости. Эта константа, как и три другие n , τ_0 , τ_1 должна определяться на основе обработки соответствующих экспериментальных данных.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Климов Д.М., Петров А.Г., Георгиевский Д.В. Вязкопластические течения: динамический хаос, устойчивость, перемешивание. М.: Наука, 2005. 394 с.
- 2 Wagner N., Brady J. F. Shear thickening in colloidal dispersions // *Physics Today*. 2009. V. 62 (10). P. 27–32.
- 3 Galindo-Rosales F.J., Rubio-Hernández F.J., Velázquez-Navarro J.F. Shear-thickening behavior of Aerosil R816 nanoparticles suspensions in polar organic liquids. // *Rheologica Acta*. 2009. V. 48. P. 699–708.
- 4 Колодежнов В.Н. Течение в плоском канале дилатантной жидкости с эффектом “отвердевания” // *Обозрение прикладной и промышленной математики*. 2010. Т. 17. № 3. С. 422.
- 5 D3O — материал из будущего! [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://qwintry.com/ru/articles/d3o-material-iz-budushchego> (19 февраля.2014).
- 6 Колодежнов В.Н. Механический аналог реологических моделей, демонстрирующих проявление эффекта “отвердевания” // *Вестник ВГУИТ*. 2012. № 4. С. 51-53

Предложенная выше математическая модель носит обобщенный характер и может быть использована при описании механического поведения вязкопластических жидкостей, демонстрирующих проявление эффекта “отвердевания”.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ, проект № 12-08-00629а.

REFERENCES

- 1 Klimov D.M., Petrov A.G., Georgievskii D.V. Viazkoplasticheskie techeniia: dinamicheskii khaos, ustoichivost', peremeshivanie [Viscoplastic flow: dynamic chaos, stability and mixing]. Moscow, Nauka, 2005. 394 p. (In Russ.).
- 2 Wagner N., Brady J. F. Shear thickening in colloidal dispersions. [*Physics Today*], 2009, vol. 62 (10), pp. 27–32.
- 3 Galindo-Rosales F.J., Rubio-Hernández F.J., Velázquez-Navarro J.F. Shear-thickening behavior of Aerosil R816 nanoparticles suspensions in polar organic liquids. [*Rheologica Acta*], 2009, vol. 48, pp. 699–708.
- 4 Kolodezhnov V.N. Flow in a plane channel of dilatant fluid with the effect of “solidification”. *Obozrenie prikladnoi i promyshlennoi matematiki*. [Review of applied and industrial mathematics], 2010, vol.17, no 3, pp. 422. (In Russ.).
- 5 D3O - material iz budushchego! [D3O – material from the future]. Available at: <https://qwintry.com/ru/articles/d3o-material-iz-budushchego> (Accessed 19 February 2014). (In Russ.).
- 6 Kolodezhnov V.N. Mechanical analogue of rheological models, demonstrating the effect of “solidification”. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 4, pp. 51-53. (In Russ.).

УДК 519.85

Профессор Ю.В. Бугаев, доцент С.В. Чикунов,
магистр Н.А. Смородинова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных технологий,
моделирования и управления.
тел. (473) 255-25-50
E-mail: chiksv@rambler.ru

Professor Iu.V. Bugaev, associate Professor S.V. Chikunov,
master N.A. Smorodinova

(Voronezh state university of engineering technology) Department of information technologies,
modeling and management.
phone (473) 255-25-50
E-mail: chiksv@rambler.ru

Модели многокритериального поэтапного выбора решений, их использование в сахарной промышленности

Models of multicriterial step by step choice decisions, their use in the sugar industry

Реферат. Оптимальное управление действующими системами может быть сведено к задаче многокритериального поэтапного выбора эффективных решений в дискретных системах. Их структуру можно описать в виде ориентированного графа с заданными на его дугах векторными весами, а проблему выбора свести к проблеме поиска оптимальных путей на графе. Существующие методы поиска применяются только для линейных систем, структура которых описывается ациклическими графами. Нелинейные структуры содержат в своем составе разветвления и/или возвраты технологических потоков и для них методы многокритериального поэтапного выбора непосредственно неприменимы. Для решения таких задач предлагается использовать модель декомпозиции графа, описывающего структуру рассматриваемой системы, на ациклические подграфы и модель синтеза эффективных интегральных путей. Последнее будем осуществлять последовательным объединением их фрагментов – эффективных путей, найденных в ациклических подграфах, и сужением посредством функции выбора с учетом условия целостности системы. Далее в статье приводится численная реализация моделей декомпозиции и синтеза интегральных решений. Предлагаемые модели проверялись на примере оптимизации отделения кристаллизации в сахарной промышленности. Задача заключалась в выборе из множества возможных управляющих воздействий некоторой совокупности альтернативных вариантов, оптимальных по 3 аддитивным критериям эффективности. На каждой стадии процесса были выбраны соответствующие управляющие воздействия и построен граф вариантов управляющих воздействий с заданными на его дугах количественными оценками критериев эффективности. В результате применения разработанных моделей было получено множество эффективных интегральных путей, состоящее из 38 вариантов. Каждому такому решению соответствовал вариант значений управляющих воздействий на стадиях процесса.

Summary. Optimal control of existing systems can be reduced to the problem of multi-criteria step by step choice of effective solutions in discrete systems. Their structure can be described as a directed graph with a given vector weights in its arches. The problem of choice can be reduced to the problem of search of optimal ways on the graph. Available methods of search are used only for linear systems whose structure is described by acyclic graphs. Nonlinear structures contain branches and/or return process streams. The methods of multi-criteria step by step choice are not applicable for them. To solve such problems we propose the model of decomposition of a graph that describes the structure of the system, into acyclic subgraphs and the synthesis model of effective integrated ways. The latter will be implemented by the consistent integration of their fragments i.e. effective ways found in acyclic subgraphs, and narrowing down through the choice function by taking into account the conditions of the system integrity. Further on, the article dwells upon a numerical realization of decomposition model and synthesis of integrated solutions. The proposed models were tested on the example of optimization of crystallization process in the sugar industry. The task was to select from a variety of possible control actions some set of alternatives, optimal in 3 additive performance criteria. At each stage of the process the appropriate control actions were selected and graph options of control actions with the given its arches quantitative estimates of the efficiency criteria was developed. As a result of application of the developed models numerous effective integrated ways, consisting of 38 options were received. Each such decision was corresponding to the option value of control impacts on the stages of the process.

Ключевые слова: многокритериальный поэтапный выбор, граф, эффективные пути, динамическое программирование, кристаллизация сахара

Keywords: multicriterial step by step choice, graph, effective ways, dynamic programming, crystallization of sugar

© Бугаев Ю.В., Чикунов С.В., Смородинова Н.А., 2014

Многие задачи выбора, такие как оптимальное управление действующими технологическими системами (ТС), могут быть сведены к задачам многокритериального поэтапного выбора (МПВ) эффективных решений в дискретных ТС. Структуру практически любой ТС можно описать в виде ориентированного графа с заданными на его дугах векторными весами, а проблему МПВ формально свести к проблеме выбора на графах. Тогда оптимальную последовательность действий можно ассоциировать с оптимальным путем на таком графе.

Существующие методы поиска оптимальных путей на графах применяются только для ТС, структура которых описывается ациклическими графами: метод случайного поиска с многокритериальной локальной оптимизацией; методы, основанные на сведении многокритериальной задачи оптимизации к множеству однокритериальных; метод, использующий принцип оптимальности Беллмана (ПОБ), для решения поэтапных задач оптимизации и применяемый на многодольных графах и др.

Однако многие ТС имеют более общую структуру, которая состоит не только из цепочки выполняемых операций (этапов, стадий), как в случае последовательной переработки сырья, но и разветвлений и возвратов различных технологических потоков. Например, получение сахара-песка в продуктовом отделении сахарных заводов. То есть, в общем случае, структура ТС представляет собой ориентированный граф с разветвлениями и/или контурами и оптимальное решение такой многостадийной задачи, соответственно, содержит в своем составе разветвление и/или контур.

В данной работе рассматриваются модели МПВ оптимальных решений и их использование на примере оптимизации отделения кристаллизации в сахарной промышленности.

Алгоритмическая сложность задачи МПВ, главным образом, зависит от выбранного типа структуры технологической системы:

1. Линейные структуры ТС:

а) Структура в виде совокупности линейных цепочек с постоянным числом операций. Задача в этом случае представляет собой выбор на каждой i -й операции, $i = 1, 2, \dots, s$ оптимального варианта ее реализации (тип оборудования, вариант управляющего воздействия и многое другое).

Теоретико-множественное объединение возможных вариантов структуры (обобщенная структура) представляет собой многодольный граф G_1 , например граф на рисунке 1, содержащий 11 вершин и 5 этапов (операций), в котором все множество вершин V разбито на подмножества $U_1, U_2, \dots, U_k$ таким образом, что каждая

дуга соединяет две вершины u, w из смежных подмножеств: $u \in U_i, w \in U_{i+1}$. В этом случае количество подмножеств k (этапов) совпадает с количеством операций s , т. е. каждый элемент $u \in U_i$ есть новый вариант реализации i -й операции технологического маршрута. Решение в этом случае представляет собой совокупность путей на графе G_1 с оптимальным вектором весов, соединяющих начальную и конечную вершины, и может быть найдено посредством алгоритмов, использующих ПОБ и обобщенных на случай нескольких критериев [1, 2].

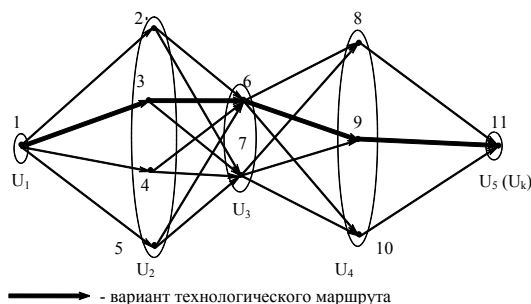


Рисунок 1. Линейная цепочка с постоянным числом операций

б) Структура в виде совокупности линейных цепочек с различным числом операций. В ТС этого типа допускается вариантность в функциональном назначении каждой операции, то есть различные варианты технологических маршрутов могут иметь разное число операций и, соответственно, пути на графе имеют разное число звеньев.

Обобщенная структура такой ТС представляет собой бесконтурный ориентированный граф общего вида G_2 , например граф на рисунке 2. Здесь все множество вершин V также разбито на подмножества $U_1, U_2, \dots, U_k$, где $k = s$ – количество операций, но, в отличие от предыдущего случая, каждая дуга соединяет две вершины u, w , из которых $u \in U_i$, а $w \in U_j$, $i \neq j$ и $i, j = \overline{1, k}$, то есть необязательно вершины из смежных подмножеств (например, дуги 1-5 и 5-12 на рисунке 2).

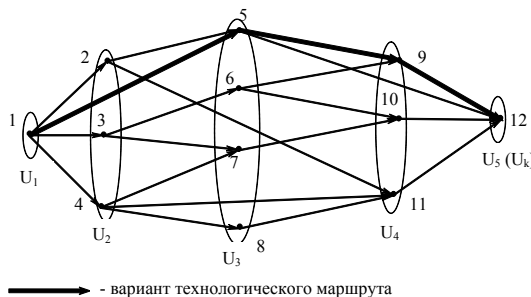


Рисунок 2. Линейная цепочка с различным числом операций

Решение задачи в этом случае также представляет собой набор эффективных путей на графе и может быть найдено с помощью алгоритмов, использующих ПОБ и обобщенных на случай нескольких критериев [1, 2].

2. Нелинейные структуры ТС:

а). Структура ТС с разветвлениями. В структурах этого типа каждый вариант технологического маршрута содержит разветвление материальных, энергетических и других потоков, например, как показано на рисунке 3. Здесь выделенный вариант технологического маршрута после операции, обозначаемой вершиной 2, разветвляется на две отдельные части, которые, согласно технологии, проходят промежуточные операции обработки (вершины 7 и 5), и соединяются вновь на операции 9.

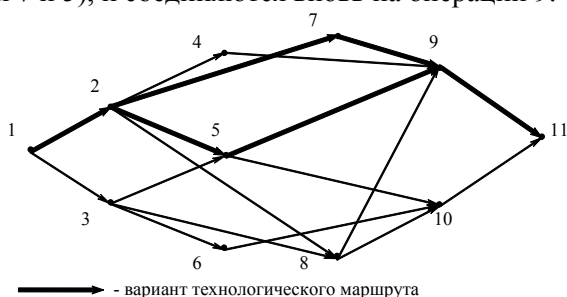


Рисунок 3. Структура с разветвлениями технологических потоков

б) Структура ТС с контурами. Каждый допустимый вариант технологического маршрута содержит в своем составе возврат технологических потоков, то есть одна и та же операция может применяться несколько раз на различных стадиях обработки предмета производства, например, как показано на рисунке 4.

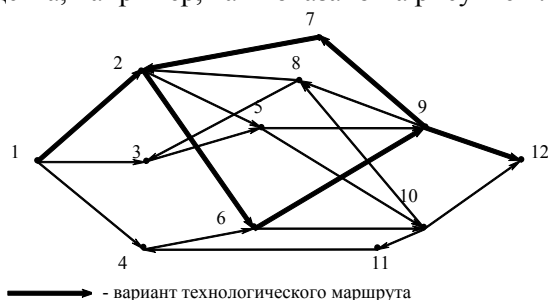


Рисунок 4. Структура с возвратами технологических потоков

Здесь выделенный технологический маршрут $1 - 2 - 6 - 9 - 12$ содержит контур $9 - 7 - 2$: операция, обозначаемая вершиной 2, является входом контура, а операция, обозначаемая вершиной 9 — разветвлением технологического потока. Причем вершины 6 и 7 обозначают промежуточные, по отношению к 2 и 9, операции. Вариант маршрута $1 - 4 - 6 - 9 -$

12 недопустим, так как не содержит технологический контур $9 - 4$.

Два последних варианта структуры ТС не допускают представление решения в виде множества путей на графе, так как каждый вариант изначально содержит в своем составе разветвление и/или контур и для таких ТС, методы поэтапного выбора, обобщенные на случай нескольких критериев, непосредственно неприменимы. Для решения задач МПВ эффективных решений в таких ТС будем использовать декомпозицию графа, описывающего структуру рассматриваемой ТС.

Будем предполагать, что все возможные технологические маршруты, являющиеся допустимыми решениями задачи, имеют одинаковую структуру с точностью до числа звеньев в линейных цепочках. Иными словами, характер и число разветвлений и/или возвратов одинаково у всех альтернатив. Кроме того, будем предполагать, что граф G_3 обобщенной структуры не содержит кратных дуг, а его вершины представляют собой несовпадающие варианты реализации технологических операций.

Обозначим $W_1, W_2, \dots, W_k$ — подмножества вершин графа G_3 , каждое из которых представляет собой совокупность однотипных вершин, соответствующих разветвлениям, соединениям или местам входа возвратов технологических потоков. Добавим к этому набору множества W_0, W_{k+1} , состоящие из одного элемента — начальная и конечная вершина, соответственно (рисунок 5).

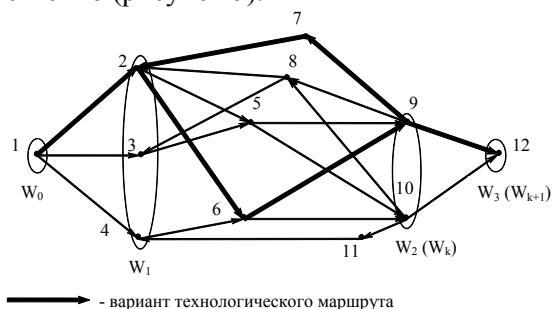


Рисунок 5. Декомпозиция графа G_3 с возвратами технологических потоков

Пусть $Next(W_i)$ — подмножество вершин из совокупности $\{W_j\}$, $j \neq i$, смежных с подмножеством W_i . Тогда подмножества $W_0, W_1, \dots, W_{k+1}$ разбивают исходный граф обобщенной структуры G_3 на отдельные фрагменты — ациклические подграфы $G_{3\psi}$, $\psi = \overline{1, J}$, где J — количество таких подграфов,

причем все пути в них начинаются в вершинах $u \in W_i$ и заканчиваются в вершинах смежного подмножества $w \in \text{Next}(W_i)$. В этом случае каждый допустимый технологический маршрут является объединением путей, соединяющих вершины, принадлежащие смежным подмножествам W_i и $\text{Next}(W_i)$.

Поскольку каждый подграф $G_{3\psi}$, $\psi = \overline{1, J}$ графа G_3 является ациклическим графом без кратных дуг, то поиск эффективных путей в них будем проводить с помощью обобщенных на случай нескольких критериев алгоритмов поэтапного выбора, использующих ПОБ [1, 2]. Здесь для каждой вершины $u \in W_i$, $i = \overline{0, k}$ определяем множество эффективных путей, соединяющих ее со всеми вершинами $w \in \text{Next}(W_i)$. В результате получаем $\{p^*\}_{\psi}$ – множества эффективных путей в каждом подграфе $G_{3\psi}$.

Композиция решений. Синтез эффективных интегральных путей (вариантов технологических маршрутов) будем осуществлять последовательным объединением их фрагментов – эффективных путей, найденных в ациклических подграфах между подмножествами W_i и $\text{Next}(W_i)$, то есть определенных на декартовом произведении $W_i \times \text{Next}(W_i)$, $i = \overline{0, k}$ и сужением посредством функции выбора. Эта процедура имеет место лишь в том случае, если соблюдается условие целостности ТС [3], заключающееся в совпадении вершин смежных фрагментов путей при их объединении.

Численная реализация модели синтеза интегральных решений.

1. Выбираем смежные подграфы: $G_{3\psi}$, расположенный между подмножествами W_i и $\text{Next}(W_i) \subseteq W_j$, и $G_{3\psi+1}$ – между W_j и $\text{Next}(W_j) \subseteq W_r$, $i \neq j \neq r$.

2. Все эффективные пути, найденные между вершинами $u \in W_i$ и $w \in W_j$, объединяем со всеми эффективными путями между вершинами $w \in W_j$ и $z \in W_r$, $i \neq j \neq r$, при условии существования интегрального пути через вершину w (условие целостности). Причем, если в графе присутствует контур, то подмножества W_i и W_r , ($i = r$) – одно и то же подмножество и, следовательно, вершина z есть вершина u . В результате такой процедуры получаем множество интегральных путей, каждый из которых

характеризуется совокупностью оценок критериев, полученных, в силу условия аддитивности, изначально накладываемого на критерии, сложением оценок отдельных фрагментов.

Среди найденных вариантов могут оказаться неэффективные, которые необходимо отбросить. Действительно, если фрагменты конечного пути из вершины $u \in W_i$ в вершину $w \in W_j$ и из $w \in W_j$ в $z \in W_r$ являются эффективными, то суммарная оценка критериев результирующего пути из u в z может оказаться неэффективной и данный вариант технологического маршрута должен быть исключен из дальнейшего рассмотрения. Для отсева таких решений можно использовать функцию выбора по бинарному отношению предпочтения R (в частности, по отношению Парето).

В результате получаем множество эффективных интегральных путей из u в z . Согласно [4], любые фрагменты этих путей также эффективны. То есть, не может быть эффективного интегрального пути, состоящего из неэффективных фрагментов.

3. Между вершинами $u \in W_i$, $z \in W_r$ и всеми $w \in W_j$, при выполнении условия целостности, определяем множество интегральных решений $\{p^*\}_{\psi}^{u-w} \cup \{p^*\}_{\psi+1}^{w-z}$, которое затем сужаем посредством функции выбора C :

$$\{p^*\}_{\psi, \psi+1}^{u-z} = C(\{p^*\}_{\psi}^{u-w} \cup \{p^*\}_{\psi+1}^{w-z}).$$

4. Для всех вершин $u \in W_i$ и $z \in W_r$ аналогично определяем множество эффективных интегральных путей в графе $G_{\psi} \cup G_{\psi+1}$:

$$\{p^*\}_{\psi, \psi+1} = C(\{p^*\}_{\psi} \cup \{p^*\}_{\psi+1}).$$

5. После рассмотрения всех подграфов $G_{3\psi}$, получаем множество эффективных интегральных путей $\{p^*\} = C(\bigcup_{\psi} \{p^*\}_{\psi})$, $\psi = \overline{1, J}$

на графе обобщенной структуры G_3 , среди которых, согласно требованиям, предъявляемым к конечному решению, нужно выбрать один или несколько окончательных.

Например, для графа (см. рисунок 5) объединяются эффективные пути между вершинами 2 – 9 и 9 – 2, 2 – 10 и 10 – 2, 3 – 9 и 9 – 3, 3 – 10 и 10 – 3, 4 – 10 и 10 – 4. К ним добавляются фрагменты 1 – 2, 1 – 3, 1 – 4 и 9 – 12, 10 – 12. Вариантов конечных маршрутов с фрагментами 4 – 9 и 9 – 4 не существует, так как не выполняется условие целостности ТС – отсутствуют пути между вершинами 9 и 4.

Здесь множество W_i (W_1) состоит из вершин 2, 3, 4; множество $Next(W_i) \subseteq W_j$ (W_2) – из вершин 9 и 10, а множества W_0 и W_{k+1} (W_3) – из вершин 1 и 12, соответственно.

Предлагаемые модели МПВ решений в ТС проверялись на примере решения задачи оптимизации двухпродуктового отделения кристаллизации в производстве сахара-песка.

Отделение кристаллизации сахарных заводов служит для извлечения сахарозы из кипящих пересыщенных растворов в вакуум-аппаратах (ВА) периодического действия при низкой температуре и отделения кристаллического сахара на центрифугах.

Основным показателем сахарного производства является процентное отношение выхода сахара к массе переработанной свеклы. Чем выше это отношение, тем большее количество сахарозы извлекается из исходного сырья. Повышение выхода сахара-песка достигается за счет уменьшения потерь сахарозы на всех стадиях технологического процесса (ТП) и, в частности, с мелассой, являющейся отходом производства, в процессе варки сахара в продуктовом отделении. Это достигается, например, за счет оптимального ведения ТП.

Структурно-технологическая схема двухпродуктового кристаллизационного отделения в виде ориентированного графа представлена на рисунке 6.

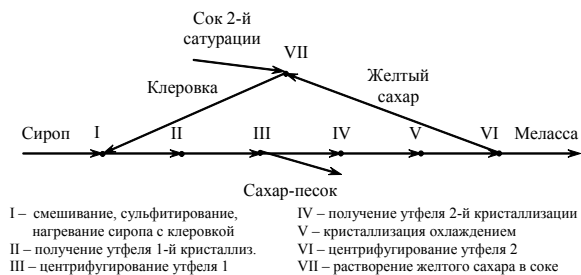


Рисунок 6. Структурно-технологическая схема в виде ориентированного графа

Как видно из рисунка 6, ТП имеет контур материального потока – возврат раствора желтого сахара (клеровки) со стадии VI на уваривание утфеля 1 (стадия II) через стадию I, где происходит операция смешивания, и другие операции, сиропа с клеровкой.

Отделение должно функционировать в таком режиме, чтобы разность доброкачественности сиропа с выпарной станции и мелассы была как можно больше. В данном случае задача оптимизации процесса кристаллизации заключалась в выборе из множества

возможных управляющих воздействий, при постоянной структуре ТП, некоторой совокупности альтернативных вариантов, оптимальных по следующим основным аддитивным критериям эффективности: разность доброкачественности продуктов на входе и выходе каждой стадии ТП $x_1 \rightarrow \max$; энергозатраты $x_2 \rightarrow \min$; время обработки $x_3 \rightarrow \min$. Аддитивность каждого критерия объясняется возможностью их использования как для характеристики отдельных стадий, так и всего варианта ТП.

В качестве управляющих воздействий на стадиях были выбраны следующие:

- количество сиропа с клеровкой;
- количество подкачиваемого сока в ВА 1-го продукта;
- количество воды на промывку сахара 1 в центрифугах;
- количество подкачиваемого раствора в ВА 2-го продукта;
- количество воды, подаваемой в мешалку-кристаллизатор;
- температура утфеля 2, подаваемого на центрифугу;
- количество сока 2-й сатурации, подаваемого на растворение желтого сахара.

В связи с тем, что для продуктового отделения из-за сложности протекающих здесь процессов отсутствуют модели в аналитическом виде, для расчетов значений критериев на стадиях ТП использовались данные, полученные на основе текущей производственной ситуации и опыта технолога завода, выступавшего в данном случае в качестве эксперта. На их основе был построен граф вариантов управляющих воздействий ТП отделения – граф обобщенной структуры, приведенный на рисунке 7 в сокращенном виде, с заданными на его дугах количественными оценками критериев эффективности.

Здесь обозначения I, II, III, ..., VII – стадии ТП, соответствующие обозначениям рисунке 6. Численные значения управляющих воздействий и их количество на каждой стадии процесса, а, следовательно, количество и численные значения вершин зависели от выбранного шага дискретизации и были заданы экспертом. При этом каждая вершина i -й стадии соединялась дугой с каждой вершиной $i+1$ стадии и имела свой сквозной, в пределах всего графа, порядковый номер, где вершины 1, 52 – начальная и конечная соответственно. Кроме того, на графе обозначены: W_1 – подмножество вершин графа, представляющее собой совокупность однотипных вершин, соответствующих месту входа кон-

тура технологического потока; W_2 – подмножество вершин графа, соответствующих разветвлению технологического потока; W_0, W_3 – подмножества, состоящие из одного элемента – начальной и конечной вершин, соответственно.

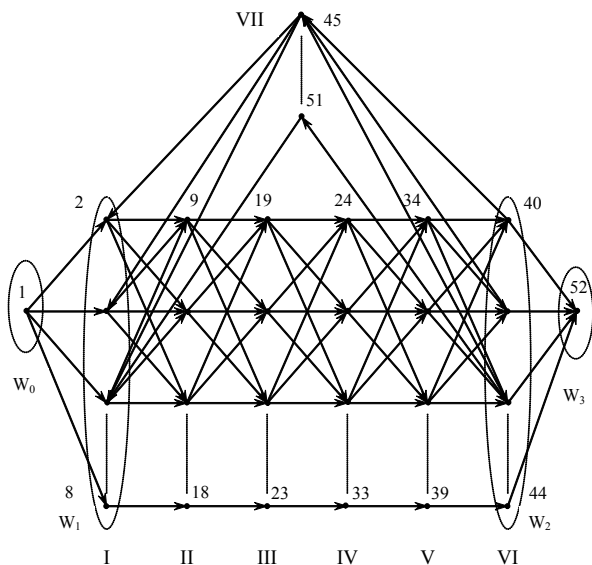


Рисунок 7. Граф вариантов управляющих воздействий ТП (фрагмент)

В связи с тем, что ТП имеет контур материального потока, была произведена декомпозиция исходного графа на ациклические подграфы по подмножествам вершин W_i . В каждом таком подграфе, используя многокритериальные алгоритмы (на основе метода динамиче-

ского программирования [1, 2]) поиска нехудших путей, например, в бесконтурном графе, был проведен поиск эффективных вариантов путей между всеми парами вершин из смежных подмножеств W_i этих графов. С помощью обобщенного алгоритма, численная схема которого описана выше, проводилось объединение полученных эффективных фрагментов путей.

В результате было получено 67 интегральных вариантов решений, каждый из которых характеризовался совокупностью оценок критериев, полученных, в силу условия аддитивности, накладываемого на каждый критерий, сложением оценок отдельных фрагментов. Среди полученных решений были неэффективные, которые необходимо было отбросить. Используя для отсева “худших” вариантов отношение Парето, было получено множество эффективных интегральных путей, состоящее из 38 вариантов, из которого нужно было выбрать несколько результирующих эффективных решений. Каждому такому решению соответствовал вариант значений управляющих воздействий на стадиях ТП. Полученные результаты экспертом были признаны удовлетворительными.

Анализ полученных данных позволяет сделать вывод о возможности применения предлагаемых в работе моделей МПВ при решении задачи оптимизации двухпродуктового отделения кристаллизации в производстве сахара-песка.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Бугаев Ю.В. Применение прямого обобщения скалярных алгоритмов в векторной оптимизации на графах // Дискретная математика. 2001. Т. 13. № 3. С. 110-124.
- 2 Бугаев Ю.В., Блинов И.В., Чикунов С.В. Обобщение алгоритма Флойда–Уоршалла на случай нескольких критериев // Вестник ТГТУ. 2009. Т. 15. № 4. С. 885-892.
- 3 Николаев В.И., Брук В.М. Системотехника: методы и приложения. Л.: Машиностроение, 1985. 199 с.
- 4 Сысоев В.В. Структурные и алгоритмические модели автоматизированного проектирования производства изделий электронной техники. Воронеж: ВТИ, 1993. 207 с.

REFERENCES

- 1 Bugaev Yu.V. Application of a direct generalization of scalar algorithms in vector optimization on graphs. *Diskretnaia matematika*. [Discrete Mathematics], 2001, vol. 13, no. 3, pp. 110-124. (In Russ.).
- 2 Bugaev Yu.V., Blinov I.V., Chikunov S.V. Generalization of Floyd-Warshall algorithm in case of several criteria. *Vestnik TGTU*. [Bulletin of TSTU], 2009, vol. 15, no. 4, pp. 885-892. (In Russ.).
- 3 Nikolaev V.I., Bruk V.M. *Sistemotekhnika: metody i prilozheniia* [Systems engineering: methods and applications]. Leningrad, Mashinostroenie, 1985. 199 p. (In Russ.).
- 4 Sysoev V.V. *Strukturnye i algoritmicheskie modeli avtomatizirovannogo proektirovaniya proizvodstva izdeli elektronnoi tekhniki* [Structural and algorithmic models of computer-aided design of electronic equipment production]. Voronezh, VTI, 1993. 207 p. (In Russ.).

УДК 538.9

Профессор Б.А. Голоденко, к.ф.-м.н. А.Б. Голоденко

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных
и управляющих систем.

тел. (473) 255-38-75

E-mail: post-stamp-bag@yandex.ru

Professor B.A. Golodenko, associate Professor A.B. Golodenko

(Voronezh state university of engineering technology) Department of informational and control systems.

phone (473) 255-38-75

E-mail: post-stamp-bag@yandex.ru

Моделирование электронной структуры и расчёт основных электрофизических параметров аморфного кремния

Amorphous silicon electronic structure modeling and basic electro-physical parameters calculation

Реферат. Уникальные технологические свойства аморфных полупроводников относят их к перспективным материалам электронной техники. Однако отсутствие достоверных сведений об атомной структуре аморфных материалов существенно препятствует расчёту их электронных состояний и электрофизических свойств. Решение поставленной проблемы даёт авторская методика фрактального моделирования аморфных структур. Методика позволила рассчитать трёхмерные координаты атомов модельного кластера аморфного кремния, методами квантовой химии установить спектр и плотность его электронных состояний и вычислить основные электрофизические свойства модельного кластера. При этом определены численные значения ширины запрещённой зоны, уровня Ферми и концентрации электронов в валентной зоне и зоне проводимости модельного кластера. Полученные результаты обеспечивают реальную возможность целенаправленного управления типом и концентрацией носителей заряда аморфного полупроводника и позволяют установить связь между атомным строением и другими физическими свойствами аморфного вещества, в частности, его теплоёмкостью, магнитной восприимчивостью и другими термодинамическими величинами.

Summary. The amorphous semiconductor has any unique processing characteristics and it is perspective material for electronic engineering. However, we have not authentic information about they atomic structure and it is essential knot for execution calculation they electronic states and electro physical properties. The author's methods give to us decision such problem. This method allowed to calculation the amorphous silicon modeling cluster atomics Cartesian coordinates, determined spectrum and density its electronic states and calculation the basics electro physical properties of the modeling cluster. At that determined numerical means of the energy gap, energy Fermi, electron concentration inside valence and conduction band for modeling cluster. The find results provides real ability for purposeful control to type and amorphous semiconductor charge carriers concentration and else provides relation between atomic construction and other amorphous substance physical properties, for example, heat capacity, magnetic susceptibility and other thermodynamic sizes.

Ключевые слова: аморфный кремний, фрактальная модель, электронная структура, квантово-химическое моделирование

Keywords: amorphous silicon, fractal model, electronic structure, quantum-chemical modeling

Целесообразность, область и способ применения всякого полупроводника определяется его *проводимостью*, которая непосредственно зависит от концентрации в структуре его вещества свободных носителей заряда и их подвижности. Поскольку концентрация носителей заряда полупроводника непостоянна и её величина подвержена внешним воздействиям, то возникают предпосылки организации целенаправленного *управления* проводимостью [1], и сохраняет актуальность тезис, согласно которому

управление типом и концентрацией носителей заряда полупроводника – ключевой вопрос развития электроники [2]. В наши дни такая задача решается тремя основными способами: а) *легированием* материала полупроводника донорными или акцепторными примесями; б) *прямой инжекцией* носителей заряда в атомную структуру полупроводника извне; в) освобождением связанных электронов в процессе *генерации* электронно-дырочных пар.

© Голоденко Б.А., Голоденко А.Б., 2014

Техническая реализация подобных технологий принципиальных затруднений обычно не вызывает, если, однако, известна ширина запрещённой зоны полупроводника, которую должны преодолеть возбуждённые валентные электроны, чтобы попасть в зону проводимости. Это в простейшем случае. В общем случае необходимо чётко знать структуру электронных состояний материала конкретного полупроводника, чтобы установить возможность достижения необходимой концентрации носителей и обоснованно определить способ и режимы управления этой концентрацией. При этом особую ценность обретает знание структуры электронных состояний химически чистого бездефектного, то есть *собственного* полупроводника, которое помимо получения надёжных результатов в изучении его свойств [1] позволяет доказательно выбрать легирующую примесь, её концентрацию и технологию легирования. Задача расчёта возможных электронных состояний для кристаллического материала, в том числе полупроводника, успешно решается методами зонной теории, основанной на понятии периодичности и трансляционной симметрии атомной структуры кристалла. Однако в аморфных веществах явная периодичность и трансляционная симметрия, по крайней мере, в их общепринятом, традиционном понимании, отсутствуют. Это существенно ограничивает применение к ним положений зонной теории и практически исключает теоретическое моделирование электронных состояний аморфных веществ современными методами и, как следствие, весьма затрудняет инженерный расчёт полупроводниковых приборов на их основе. Поскольку при этом аморфные полупроводники обладают целым рядом уникальных свойств [2-4], возникает острое противоречие между заманчивыми перспективами их применения в электронике и отсутствием эффективной методики теоретического моделирования электронных состояний аморфных материалов. Такое противоречие можно отнести к одной из основных проблем традиционной электроники и развивающейся наноэлектроники.

Для решения поставленной проблемы разработан авторский способ фрактального моделирования порождения аморфности тетраэдрической атомной структуры [5], и построена трёхмерная модель атомной структуры химически чистого аморфного кремния, которая исключает случайность в расположении его атомов и позволяет установить связь между структурой и физическими свойствами

вещества. При этом необходимость решения уравнения Шрёдингера сохраняется, но возникает возможность расчёта электронного состояния вещества средствами квантовой (компьютерной) химии. Отсюда цель исследования – средствами компьютерной химии установить спектр электронных состояний для модельного кластера атомной структуры аморфного кремния (*a-Si*) и на основе полученных результатов вычислить основные электрофизические свойства кластера – ширину его запрещённой зоны, энергию уровня Ферми и концентрацию электронов в валентной зоне и зоне проводимости.

Для достижения поставленной цели построена трёхмерная фрактальная модель 16-и атомного кластера аморфного кремния. Расчёт основного энергетического состояния (*Ground State*) модельного кластера выполнен в среде *GaussView/Gaussian*, доступ к которой любезно предоставлен авторам сотрудниками Воронежского государственного университета, методом функционала плотности (*DFT*) при общем нулевом заряде кластера с применением стандартного набора базисных функций 6-31G. Численные результаты моделирования графически интерпретированы свободно распространяемой программой *GaussSum* и в виде иллюстраций представлены на рисунках 1-3. На диаграмме рисунка 1 в интервале энергий E от -20 эВ до 20 эВ штрихами показаны энергетические уровни модельного кластера, образующие его энергетические зоны: остовую, валентную, проводимости и запрещённую, а непрерывная замысловатая кривая – не что иное, как график плотности электронных состояний $N(E)$ модельного кластера. Особый интерес вызывают окрестности запрещённой зоны E_g , ограниченной потолком E_v валентной зоны и дном E_c зоны проводимости, которые с целью детализации показаны на рисунке 2 в крупном масштабе и с меньшим шагом аппроксимации кривой $N(E)$. Плотность электронных состояний $N(E)$ внутри запрещённой зоны получена равной нулю, что соответствует теории [1-4] и видно на графике рисунка 2. При этом в масштабе и с шагом аппроксимации близким к условиям натурального эксперимента модельная кривая $N(E)$ в окрестностях запрещённой зоны (рисунок 3, а) хорошо согласуется с кривой плотности электронных состояний Козна-Фрицше-Овшинского (КФО) [3], показанной на рисунке 3, б.

Далее приведен расчёт основных параметров *a-Si*. Результаты численного моделирования показывают, что в основном состоянии

энергия потолка валентной зоны E_v модельного кластера составляет -3,555 эВ, а энергия дна его зоны проводимости E_c равна -2,375 эВ (рисунок 2). Отсюда определяются важнейшие параметры всякого *собственного* полупроводника: ширина запрещённой зоны E_g и уровень энергии Ферми E_F . В нашем случае $E_g = E_c - E_v = 1,180$ эВ, что с точностью до 0,04 эВ согласуется с экспериментальными данными [6], и поскольку уровень Ферми в основном состоя-

нии собственного полупроводника расположен точно посередине его запрещённой зоны, то для модельного кластера $E_F = -2,965$ эВ.

При этом величина E_c показывает ещё и минимальную энергию ионизации $E_{и} \geq E_c = 2,375$ эВ, необходимую для возбуждения атомов *a-Si*, например световым облучением, с целью генерации электронно-дырочных пар и переброски валентных электронов в зону проводимости.

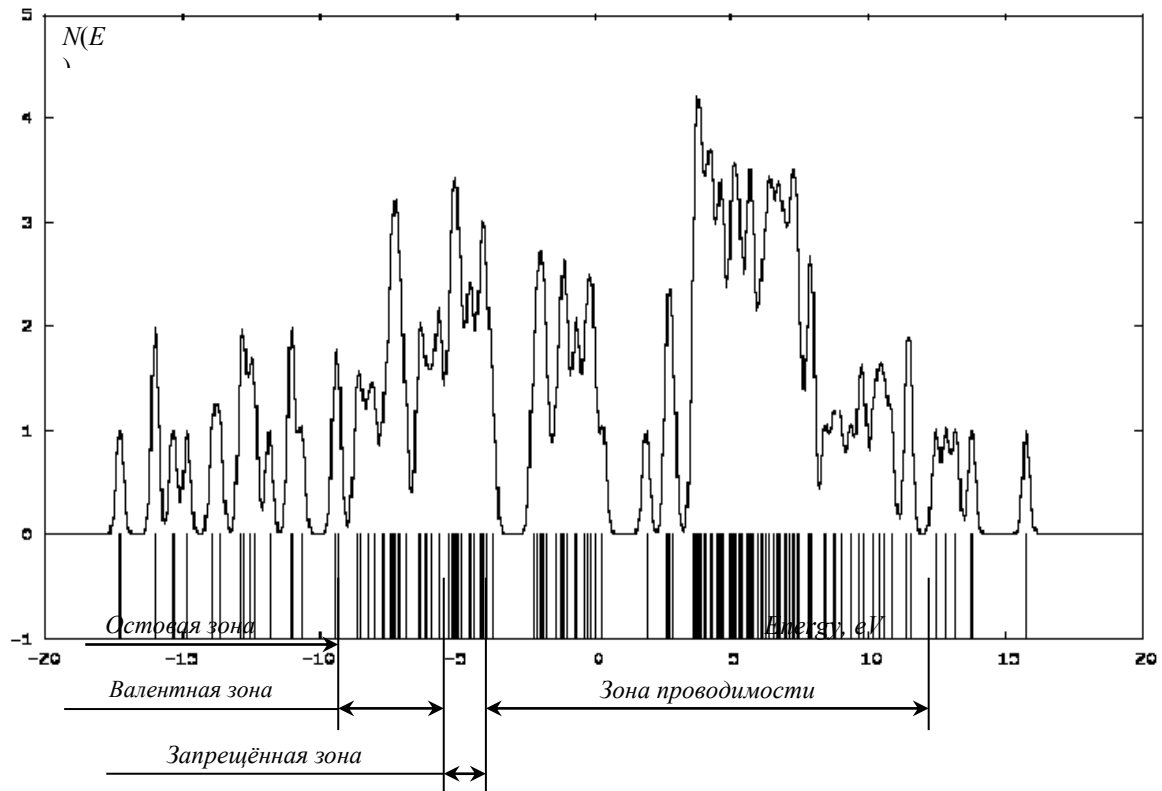


Рисунок 1. Диаграмма электронных состояний атомного кластера аморфного кремния

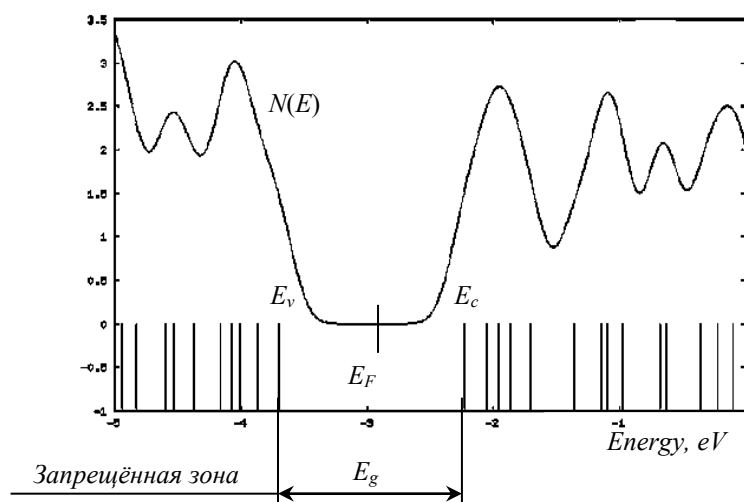


Рисунок 2. Окрестности запрещённой зоны

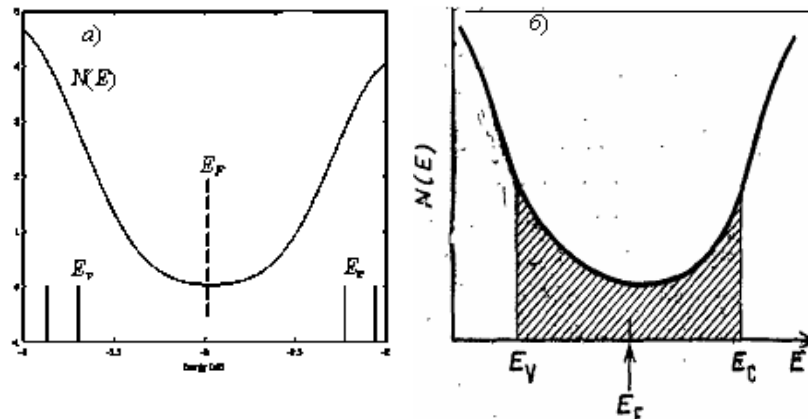


Рисунок 3. График $N(E)$ плотности электронных состояний аморфного кремния в окрестностях его запрещённой зоны: а – авторская кривая; б – кривая КФО

Теперь о главном. Согласно теории [6], концентрация n электронов полупроводника во всяком интервале энергии $E_1 \leq E \leq E_2$ определяется соотношением:

$$n = \int_{E_1}^{E_2} f(E, T) \cdot N(E) \cdot dE, \quad (1)$$

где $f(E, T)$ – функция Ферми, показывающая вероятность обнаружения при температуре T электрона в состоянии с энергией E .

Функция Ферми вычисляется достаточно просто [6]:

$$f(E, T) = \frac{1}{\exp\left(\frac{E - E_F}{kT}\right) + 1}, \quad (2)$$

где k – постоянная Больцмана.

Результаты проведённого моделирования дали весь спектр численных значений возможных энергий E электрона и плотности $N(E)$ электронных состояний модельного кластера. Значение энергии Ферми E_F вычислено и равно -2,965 эВ. Поэтому ничто не мешает *рассчитать* искомую концентрацию n электронов аморфного кремния в *любом* интервале энергий -20 эВ $\leq E \leq$ 20 эВ.

Такой расчёт выполнен для *четырёх* наиболее интересных на наш взгляд интервалов энергии электрона:

а) от -6.282 эВ до -6.272 эВ;

б) от -3.72 эВ до -3.67 эВ;

в) от -2.255 эВ до -2.205 эВ;

г) от 3.764 эВ до 3.819 эВ.

Поскольку при этом кривая $N(E)$ точечно-заданная и шаг её аппроксимации достаточно мал, то вычисление концентрации электронов в предусмотренных интервалах энергий проведено не интегрированием (1), а суммированием:

$$n = \sum_i f_i(E, T) \cdot N_i(E) \cdot dE \quad (3)$$

при $T=300^\circ\text{K}$, $k=1,38062 \cdot 10^{-23}$ Дж/°К и соотношении 1 эВ = $1,60219 \cdot 10^{-19}$ Дж [8]. Результаты вычислений концентрации электронов для интервала энергий от -6.282 до -6.272 эВ даны в таблице 1.

Интервал *дискретных* значений энергий [-6.282 эВ, -6.272 эВ] расположен в той части *валентной* зоны модельного кластера (рисунок 1), где все энергетические уровни в основном состоянии гарантированно заняты электронами. Именно поэтому вероятность $f(E, T)$ обнаружить при $T=300^\circ\text{K}$ электрон с *любой* энергией в интервале от -6.282 эВ до -6.272 эВ равна 1. Это ничуть не противоречит квантовой механике, которая априори допускает, что электрон *одновременно* находится на *всех* уровнях рассматриваемого интервала энергий.

Т а б л и ц а 1

Результаты вычислений концентрации электронов аморфного кремния в интервале энергии от -6.282 до -6.272 эВ

№	E	$N(E)$	$f(E, T)$	$f(E, T) \cdot N(E)$	n
1	-6.282	1.99863416077	1	1.99863416077	0.0219
2	-6.281	1.99659625892	1	1.99659625892	
3	-6.28	1.99452243027	1	1.99452243027	
4	-6.279	1.99241347505	1	1.99241347505	
5	-6.278	1.99027019481	1	1.99027019481	
6	-6.277	1.98809339224	1	1.98809339224	
7	-6.276	1.9858838709	1	1.9858838709	
8	-6.275	1.98364243499	1	1.98364243499	
9	-6.274	1.9813698891	1	1.9813698891	

10	-6.273	1.97906703799	1	1.97906703799	
11	-6.272	1.97673468636	1	1.97673468636	

Концентрация n электронов аморфного кремния в интервале $-6.282 \text{ эВ} \leq E \leq -6.272 \text{ эВ}$ при шаге аппроксимации $dE=0.001 \text{ эВ}$ составила 0.0219 электрона на каждый уровень этого интервала. Результаты выполненного моделирования дают ширину *заполненной* части валентной зоны аморфного кремния равной 1,437 эВ, и несложный расчёт с относительной ошибкой менее 2% определяет общее количество валентных электронов модельного кластера с учётом их спина в 62,9406 единиц против 64-х фактических.

Интервал энергий $[-3.72 \text{ эВ}, -3.67 \text{ эВ}]$, показанный в таблице 2, как и предыдущий интервал, расположен в *валентной* зоне модельного кластера (рисунок 1). Поэтому вероятность заполнения его электронами тоже достигает 1 (столбец 6 таблицы 2), но концен-

трация электронов в этом интервале всего 0.0428 электрона на 0,005 эВ (столбец 8 таблицы 2). Их там практически нет и уровни этого интервала свободны. Здесь следует вспомнить, что расчёт электронных состояний модельного кластера выполнен для его *основного* состояния, в котором у потолка валентной зоны существуют [6] *свободные* энергетические уровни, на которые могут переходить валентные электроны, не отрываясь от остова. Именно эти уровни обнаружены при моделировании. Столбцы 5, 6 и 7 таблицы 2 в качестве иллюстраций содержат численные значения величин $N(E_m)$, $f(E_m, T)$ и $f(E_m, T) \cdot N(E_m)$ для энергии E_m из середины соответствующего интервала.

Т а б л и ц а 2

Результаты вычислений концентрации электронов аморфного кремния по прочим интервалам энергии

№	E_1	E_2	dE	$N(E_m)$	$f(E_m, T)$	$f(E_m, T) \cdot N(E_m)$	n
1	2	3	4	5	6	7	8
1	-3.72	-3.67	0.005	0.998009973542	1.0000	0.998009973542	0.0428
2	-2.255	-2.205	0.005	0.999216024616	4.4867e-013	4.4832e-013	2.2559e-014
3	3.764	3.819	0.055	4.20393949684	3.0911e-114	1.2995e-113	9.7229e-114

Интервал энергий от -2.255 до -2.205 эВ (таблица 2) содержится в придонной части зоны *проводимости* модельного кластера (рисунок 1) и вероятность его заполнения валентными электронами $f(E_m, T)=4.4867\text{e-}013$ исчезающе мала. Ещё меньше теоретическая концентрация электронов в нём – $2.2559\text{e-}014$ электрона на 0,005 эВ. Интервал пуст и это соответствует основному состоянию кластера. При возбуждении валентных электронов до энергий $-2.255 \text{ эВ} \leq E \leq -2.205 \text{ эВ}$ они неизбежно появятся в этом интервале, где могут достигнуть концентрации *не более* 0.0428 единиц на каждые 0,005 эВ, так как концентрация электронов в любом интервале энергий всегда ограничена теоретической плотностью их состояний $N(E)$. Таким образом, концентрация электронов в придонной части зоны проводимости модельного кластера теоретически не может превысить аналогичного показателя потолочных уровней валентной зоны (таблица 2) поскольку плотность электронных состояний в этих интервалах энергий практически одинакова. В связи с этим на графике рисунка 1 привлекает внимание заметный всплеск теоретической кривой $N(E)$ в интервале энергий зоны проводимости от 3.764 эВ до 3.819 эВ, где следует ожидать наиболее высокой концентрации электронов, а значит наиболее высокой проводимости полупроводника. Действительно, в *основном* состоянии кластера вероятность появле-

ния электронов в этом интервале равна $3.0911\text{e-}114$, поэтому концентрация электронов в нём составляет $9.7229\text{e-}114$ единиц на каждые 0.055 эВ. Однако при возбуждении валентных электронов энергией в 3.764 эВ и более функция Ферми $f(E, T=300^\circ\text{K})$ примет значение 1, и концентрация электронов достигнет 2.5349 единиц на 0.055 эВ. Это максимум, что можно взять от химически чистого аморфного кремния.

Таким образом, практические результаты выполненного исследования показывают, что применение авторской методики фрактального моделирования аморфных структур в сочетании с расчётными методами квантовой химии позволяет решить ряд фундаментальных научных и прикладных проблем, в том числе:

1. Получить строго систематическое описание атомной структуры аморфного вещества, пригодное для теоретических исследований его электронных состояний.

2. Рассчитать весь спектр электронных состояний аморфного вещества и на основе полученных результатов вычислить его главные электрофизические свойства: а) ширину запрещённой зоны; б) энергию Ферми; в) энергию необходимой ионизации; г) концентрацию электронов в валентной зоне и зоне проводимости.

3. Решить ключевой вопрос развития электроники, обеспечив целенаправленное управление типом и концентрацией носителей

заряда полупроводника.

4. Установить связь между атомным строением и другими физическими свойствами

ЛИТЕРАТУРА

1 Смит Р. Полупроводники: пер. с англ. М.: Мир, 1982. 560 с.

2 Хамакавы Й. Аморфные полупроводники и приборы на их основе. М.: Metallurgia, 1986. 376 с.

3 Бродски М. Аморфные полупроводники: пер. с англ. М.: Мир, 1982. 419 с.

4 Мотт Н., Дэвис Э. Электронные процессы в некристаллических веществах: в 2-х томах. М.: Мир, 1982. Т. 1. 368 с. Т. 2. 296 с.

5 Голоденко А. Б., Голоденко Б. А. Фрактальное моделирование механизма порождения аморфности тетраэдрической атомной структуры // Нано- и микросистемная техника. 2012. № 11. С. 23-27.

6 Терещенко О.Е., Костюрина А.Г. Определение ширины запрещённой зоны полупроводника: Описание лабораторной работы практикума по электричеству и магнетизму. Новосибирск: Новосибирский гос. ун-т, 2004. 26 с.

7 Шалимова К.В. Физика полупроводников. М.: Энергоатомиздат, 1985. 392 с.

8 Кардона М., Петер Ю. Основы физики полупроводников: пер. с англ. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. 560 с

аморфного вещества, в частности, его теплоёмкостью, магнитной восприимчивостью и другими термодинамическими величинами.

REFERENCES

1 Smith R. Poluprovodniki [Semiconductors]. Moscow, Mir, 1982. 560 p. (In Russ.).

2 Hamakawa Y. Amorfnye poluprovodniki i pribory na ikh osnove [Amorphous semiconductors technologies & devices]. Moscow, Metallurgii, 1986. 376 p. (In Russ.).

3 Brodski M. Amorfnye poluprovodniki [Amorphous semiconductors]. Moscow, Mir, 1982. 560 p. (In Russ.).

4 Mott N., Davis E. Elektronnye protsessy v nekrystallicheskih veshchestvakh [Electron processes in non-crystalline materials]. Moscow, Mir, 1982, vol. 1. 368 p. vol. 2. 296 p. (In Russ.).

5 Golodenko A. B., Golodenko B. A. Fractal modeling the mechanism of generation amorphous tetrahedral nuclear structures. *Nano- i mikro-sistemnaia tekhnika*. [Nano- and microsystems techniques], 2012, no. 11. pp. 23-27. (In Russ.).

6 Tereshchenko O.E., Kostiurina A.G. Opredelenie shiriny zarpeshchennoi zony poluprovodnika [Semiconductors forbidden zone width calculation: electricity and magnetism the laboratory task]. Novosibirsk, Novosibirskii gos. un-t, 2004. 26 p. (In Russ.).

7 Shalimova K.V. Fisika poluprovodnikov [Semiconductors physics]. Moscow, Energoatomizdat, 1985. 392 p. (In Russ.).

8 Cardona M., Peter Y. Osnovy fiziki poluprovodnikov [Fundamentals of semiconductors physics and materials properties]. Moscow, PHIZMATLIT, 2002. 560 p. (In Russ.).

УДК 675.03.031.81 : 577.15

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

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

E-mail: vmax77@mail.ru

профессор О.А. Носов, старший преподаватель Г.Р. Варданян

(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

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

E-mail: vmax77@mail.ru

professor O.A. Nosov, senior teacher G.R. Vardanian

(Belgorod state technological university by V.G. Shukhov) Department of technological systems, equipment and machinery.

phone (472) 230-99-44

E-mail: lidart2@mail.ru

Бесконтактный метод формирования элементов транспортных сооружений из органоминеральных композиционных материалов

Contactless method of formation of transporting constructions elements consisting of organic-mineral composite materials

Реферат. В статье представлен бесконтактный метод формирования элементов транспортных сооружений из органоминеральных композиционных материалов. Приведены основные результаты математического моделирования гидрогазодинамических процессов, протекающих при отливке органоминерального композиционного материала на несущий воздушный буфер, реализующего оригинальные гипотезы, отраженные в выборе алгоритма преобразований и граничных условий. При разработке математической модели использовались классические уравнения механики, гидро- и газодинамики с учетом реологических свойств органоминерального композиционного материала. Полученные зависимости позволяют определить основные параметры процессов, протекающих в системе «материал – несущий воздушный буфер» при отливке органоминерального композиционного материала и выработать закон эффективного демпфирования, возникающих при этом колебаний. Применение данного способа позволяет исключить возможность возникновения контакта органоминерального композиционного материала с рабочими поверхностями оборудования, а также существенно снизить затраты на производство элементов транспортных сооружений, улучшить их качество и эксплуатационные характеристики пневматического оборудования.

Summary. There proposed contactless method of formation of transporting constructions elements consisting of organic-mineral composite materials in the article. The results of mathematical modeling of hydro-gas-dynamic processes occurring when casting of organic- mineral composite material onto the bearing air buffer realizing original hypotheses reflected in the choice of transformation algorithm and limiting conditions are presented. When developing the mathematical model there were used classical equations of mechanics, hydro- and gas-dynamics taking into account rheological properties of organic- mineral composite material. The obtained correlations allow to define general parameters of the processes occurring in the system 'material - bearing air buffer' when casting of organic- mineral composite material and to work out the law of damping the oscillations appearing during this process. 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 transporting constructions' elements, to improve their quality operational characteristics of pneumatic equipment.

Ключевые слова: транспортные сооружения, несущий воздушный буфер, органоминеральный композит, полусферическая пористая форма, бегущая волна, демпфирование.

Keywords: transporting constructions, bearing air buffer, organic- mineral composite, semi-spherical pore form, travelling wave, damping.

© Чертов Е.Д., Васечкин М.А.

Носов О.А., Варданян Г.Р., 2014

В последнее время наблюдается интенсивный рост объемов применения органоминеральных композиционных материалов в различных отраслях народного хозяйства страны, таких как машиностроение, приборостроение, авиа- и ракетостроение, строительство, жилищно-коммунальное хозяйство и другое. Востребованность в таких материалах вызвана тем, что различные элементы существующих конструкций подвергаются внешним воздействиям, которые можно разделить на несколько групп: механические, физико-химические, температурные и комплексные воздействия, представляющие собой сочетание указанных видов. Под влиянием данных факторов в деталях машин, транспортных сооружениях, строительных конструкциях и др. возникают повреждения, которые значительно снижают срок эксплуатации и экономическую эффективность.

Органоминеральные композиционные материалы – многокомпонентные материалы, состоящие из пластичной основы (матрицы), армированной наполнителями. В качестве компонентов могут использоваться самые разнообразные материалы – бумага, керамика, стекла, пищевые отходы, углерод и др. Наполнитель определяет механические свойства материала (прочность, жесткость, износостойкость и другие свойства), а матрица обеспечивает монолитность материала, передачу напряжения в наполнителе и стойкость к различным внешним воздействиям. Варьируя состав и соотношение материалов матрицы и наполнителя, получают широкий спектр новых материалов с требуемым набором свойств [1].

Существуют следующие основные виды органоминеральных композиционных материалов:

- композиционные материалы, содержащие любые твердые частицы или волокна;
- смеси композиционных материалов;
- композиционные материалы, содержащие жидкости в виде включений или пластификаторов;
- композиционные материалы, содержащие газообразные наполнители.

Одним из наиболее простых и сравнительно недорогих процессов получения органоминеральных композиционных материалов является литье в формы. Этим методом могут быть получены листы, трубы, стержни и другие изделия требуемой формы. [2]

Применяемые в качестве матрицы материалы должны обладать высокой адгезионной способностью, которая является одним из факторов, определяющих прочность органоминерального композиционного материала.

Следует отметить, что адгезия в процессе отливки заготовок элементов конструкций играет негативную роль, то есть материал прочно связывается с рабочими поверхностями оборудования. Для устранения прилипания к поверхностям оборудования и повышения рентабельности производства применяют твердые антиадгезионные покрытия или жидкие смазки. Следует отметить, что первые дорогостоящи и недостаточно долговечны, а вторые существенно изменяют поверхностные свойства изделий, что затрудняет последующую обработку, например, процессы окрашивания или нанесения люминесцентных покрытий.

Создание воздушного буферного слоя между контактирующими поверхностями оборудования и изделия на сегодняшний день является единственным способом устранения контакта. Воздушный буферный слой образуется за счет истечения сжатого воздуха через перфорацию рабочей поверхности оборудования, полностью разделяя ее с опорной поверхностью изделия. При этом можно не только исключить адгезию, но и обеспечить оптимальный режим обработки, не нарушая поверхностных свойств изделия (в частности охлаждение полученного изделия) [3, 4].

Следует отметить, что формование литьем на воздушный буфер, сопровождаемый первоначальной загрузкой и дальнейшими сложными гидрогазодинамическими и колебательными процессами, в настоящее время практически не изучен [5].

Рассмотрим процесс отливки органоминерального композиционного материала на несущий воздушный буфер, образованный за счет истечения сжатого воздуха сквозь пористую форму. Траекторию движения точки O_1 фронтальной поверхности струи массы в потоке воздуха можно условно разбить на три этапа (рисунок 1).

На первом этапе точка O_1 удалена от рабочей поверхности формы на расстояние S , большее h_1 , где h_1 – расстояние до верхней торцевой поверхности формы.

На втором этапе точка O_1 проходит расстояние от плоскости верхней торцевой поверхности формы до точки, соответствующей началу пленочного течения воздуха, т.е. в интервале от h_1 до h_0 .

На третьем этапе расстояние между формой и фронтальной поверхностью струи меняется в пределах от величины, соответствующей появлению пленочного течения воздуха, до расстояния соответствующего минимальной толщине буферного слоя, на котором скорость движения точки O_1 равна нулю.

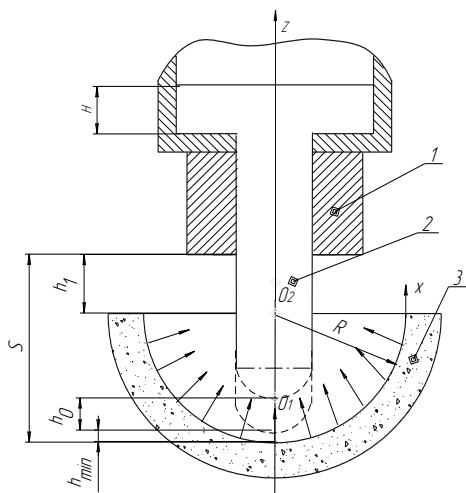


Рисунок 1. Формование органоминерального композиционного материала на несущем воздушном буфере: 1 – насадка отливочного механизма; 2 – струя материала; 3 – пористая форма.

Движение струи на первом этапе происходит в турбулентном потоке воздуха, истекающем сквозь пористую поверхность полусферической формы. Движение центра (точка O_2) струи (рисунок 1) можно описать с помощью уравнения поступательного движения объекта переменной массы вида:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = F_1 + F_2 - F_3 - mg, \quad (1)$$

где m – масса объекта, кг; F_1 – сила сопротивления встречного потока воздуха, Н; F_2 – сила трения, действующая на струю органоминерального композиционного материала в канале дозирующего устройства, Н; F_3 – сила, действующая на композиционный материал со стороны поршня, Н.

Масса объекта, находящегося на воздушном буфере:

$$m = Q(t) \rho t, \quad (2)$$

где $Q(t)$ – объемный расход массы, м³/с; ρ – плотность органоминерального композиционного материала, кг/м³; t – текущее значение времени, с.

Сила сопротивления встречного потока воздуха:

$$F_1 = \frac{1}{2} \rho_c \pi R_c^2 U_{от}^2 c, \quad (3)$$

где ρ_c – плотность газа, кг/м³; R_c – радиус поперечного сечения струи, м; $U_{от}$ – относительная скорость набегающего потока воздуха; c – коэффициент гидродинамического сопротивления.

Сила трения, действующая на струю в

канале дозирующего устройства:

$$F_2 = 8\mu_0 Q(t) \left(\frac{L_1}{R_1^2} + \frac{L_2}{R_2^2} \right) + \zeta \frac{\rho Q^2(t)}{\pi R_1^2}, \quad (4)$$

где L_1 – длина столбика материала в цилиндре отливочного механизма, м; L_2 – длина насадки дозирующего устройства, м; R_1 – радиус поршня отливочного механизма, м; R_2 – радиус поршня дозирующего устройства, м; ζ – коэффициент местного сопротивления.

Сила, действующая на органоминеральный композиционный материал со стороны поршня:

$$F_3 = \frac{\pi d_1^2}{4} \left(32V \frac{\mu_0 L_2}{d^2} + P_a \right), \quad (5)$$

где d_1 – диаметр внутреннего канала насадки, м; V – объем струи, м³; μ_0 – вязкость органоминерального композиционного материала, Н·с/м²; d – внутренний диаметр цилиндра отливочного механизма, м; P_a – атмосферное давление, Па.

Совместное решение выражений (1) – (5) с учетом начальных условий позволяет определить скорость $\dot{z}_1$ движения точки O_2 на первом этапе.

Рассмотрим движение точки O_2 центра массы струи на втором этапе. Уравнение движения в этом случае аналогично уравнению (1).

При движении на втором этапе можно считать, что часть струй воздуха, истекающих сквозь пористую форму, не оказывают влияния на характер движения. Поэтому необходимо учесть перераспределение расхода воздуха между питающими отверстиями формы.

Объемный расход воздуха, истекающего через отверстия формы, “перекрываемые” струей органоминерального композиционного материала:

$$Q_1 = \lambda \pi R_p^2 (2 \sin \gamma - \sin(2\gamma)) \left(U_0 + \frac{dz}{dt} \right), \quad (6)$$

где λ – коэффициент проницаемости материала формы; R_p – радиус формы, м; γ – деформация полуфабриката, м:

$$\gamma = \arctg \left(\frac{R_c}{R_p - z - R_c} \right).$$

Объемный расход воздуха, истекающего через “открытые” отверстия формы:

$$Q_0 = \lambda \pi R_p^2 U_0 (2 - 2 \sin \gamma + \sin(2\gamma)). \quad (7)$$

Из уравнений (6) и (7) можно получить выражение для определения относительной скорости движения потока воздуха:

$$\frac{Q - \lambda \pi R_p^2 U_0 (2 - 2 \sin \gamma + \sin(2\gamma))}{\lambda \pi R_p^2 (2 \sin \gamma - \sin(2\gamma))} = U_0 + \frac{dz}{dt}, \quad (8)$$

После ряда преобразований уравнения (1) с учетом (8) получим выражение, решив которое с учетом начальных условий (при $t = t_1$; $z = h_1$ и $\dot{z} = \dot{z}_1$) можно найти скорость движения точки O_2 на втором этапе.

При достижении высоты h_0 между опорной поверхностью струи композиционного материала и рабочей поверхностью формы устанавливается пленочное течение воздуха, при этом скорость движения точки O_1 фронтальной поверхности струи органо-минерального композиционного материала гораздо меньше скорости движения воздуха в воздушном буфере [5].

Уравнение движения точки O_2 центра масс струи на третьем этапе при граничных условиях $t = t_2$; $z = h_0$:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = \int_A p dA + F_2 - mg - F_3, \quad (9)$$

где p – полное абсолютное давление в газовом буферном слое, Па; A – площадь опорной поверхности объекта, m^2 .

Выражение, описывающее поле давления среды в воздушном буфере имеет следующий вид:

$$p_0 - p_x = \left(\frac{x_k^2}{2} - x_0 \right) B + \left(\frac{x_k^3}{3} - x_k^2 x_0 + x_k x_0^2 \right) \frac{C}{2} + \\ + 12\mu\lambda U_0 R_p x_k \left(\frac{x_0 \cos \frac{x_0}{R_p} \cos \left(\arcsin \left(\frac{R_p}{R_c} \sin \left(\frac{x_0}{R_p} \right) \right) \right)}{\left(R_p - z - R_c \right) \cos \left(\arcsin \left(\frac{R_p}{R_c} \sin \left(\frac{x_0}{R_p} \right) \right) \right)} - R_c \right).$$

Совместное решение уравнений (1) – (9) позволит определить расход воздуха, необходимый для полной остановки струи полуфабриката на заданной высоте.

После остановки струи органо-минерального композиционного материала следует этап заполнения формы. При этом можно наблюдать колебания двух видов (рисунок 2):

- «поршневые» колебания, то есть колебания всей загруженной на данный момент массы;
- колебания типа «бегущая волна», возникающие на опорной поверхности пластической массы из-за постепенного заполнения формы и как следствие взаимное смещение соседних слоев материала.

Для описания колебательных процессов, протекающих на этапе заполнения ячейки, необходимо решить систему уравнений, включающую уравнение (9) и уравнение движения точки O_3 , принадлежащей центру фронтальной поверхности элементарного объема органо-минерального композиционного материала (рисунок 2):

$$dm \frac{d^2 z_0}{dt^2} = F_{\text{сопр.}} - F_T + \int_{\Delta A} p d\Delta A, \quad (10)$$

где dm – масса элементарного объема органо-минерального композиционного материала, кг; z_0 – перемещение точки O_3 фрагмента органо-минерального композиционного материала, м; $F_{\text{сопр.}}$ – сила внутреннего трения, Н; F_T – сила тяжести, действующая на элементарный объем фрагмента массы, Н.

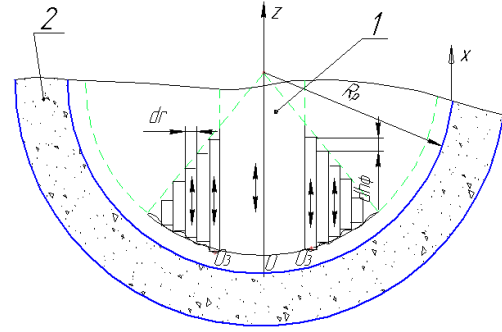


Рисунок 2. Колебания органо-минерального композиционного материала при отливке на воздушный буфер: 1 – масса органо-минерального композиционного материала; 2 – пористая форма.

Выражение, описывающее поле давления среды в воздушном буфере, имеет следующий вид:

$$p_0 - p = \frac{24\mu\lambda x R_p (U_0 + \dot{z})}{z^3}. \quad (11)$$

Проинтегрировав уравнение (11) по x в пределах от 0 до x , получим выражение для определения величины суммарного воздействия на материал:

$$\int_A p dA = \frac{24\mu\lambda \pi x^2 R_p^2 (U_0 + \dot{z})}{z^3}. \quad (12)$$

Подставив данное выражение в (10) и решив полученное уравнение с учётом граничных условий, определим перемещение точки O_1 .

Длительность существования «бегущей волны» определяется реологическими свойствами материала и величиной расхода газа через сечение формы.

Для решения уравнения (10) найдём силу внутреннего трения и силу тяжести, действующую на элементарный объем фрагмента полуфабриката:

$$F_{\text{сопр.}} = 2\tau\pi(rh_\phi + (r + dr)(h_\phi - dh)), \quad (13)$$

где τ – напряжение сдвига, Па; h_ϕ – высота элементарного объема фрагмента массы, м; dr – толщина элементарного объема фрагмента органо-минерального композиционного материала, м; dh_ϕ – разность высот элементарных объемов фрагментов, м;

$$F_T = \pi(2rdr - dr^2) \rho gh. \quad (14)$$

Процесс течения органоминерального композиционного материала удобно описывает степенной закон:

$$\tau = \tau_0 \left(\frac{\dot{\gamma}}{\dot{\gamma}_0} \right)^{n(t)}, \quad (15)$$

где τ_0 – напряжение сдвига в приведенном состоянии, Па; $n(t)$ – индекс течения; $\dot{\gamma}_0$ – скорость

сдвига в приведенном состоянии, с^{-1} ; $n(t)$ – индекс течения; $\dot{\gamma}$ – скорость сдвига, с^{-1} :

$$\dot{\gamma} = \frac{dz}{dr}. \quad (16)$$

Суммарное воздействие, оказываемое на нижнюю поверхность элементарного объема органоминерального композиционного материала со стороны воздушного буфера:

$$\int_{\Delta A} p d\Delta A = \frac{6\mu\pi R_p dr^2 x^2 (U_0 + \dot{z})}{(z + z_0)^3} + \frac{24\mu\pi R_p^2 dr (U_0 + \dot{z})}{(z + z_0)^3} \left(\frac{x^2}{2} - 2 \cos \left(\frac{x}{R_p} \right) - x \sin \left(\frac{x}{R_p} \right) + 2 \right) \quad (17)$$

После ряда преобразований уравнение (10) примет вид:

$$dm \frac{d^2 z_0}{dt^2} = \frac{6\mu\pi R_p dr^2 x^2 (U_0 + \dot{z})}{(z + z_0)^3} + \frac{2\pi K_k}{dr^{n(t)}} |\dot{z}_0|^{n(t)} (r h_\Phi + (r + dr)(h_\Phi - dh_\Phi)) + \frac{24\mu\pi R_p^2 dr (U_0 + \dot{z})}{(z + z_0)^3} \left(\frac{x^2}{2} - 2 \cos \left(\frac{x}{R_p} \right) - \sin \left(\frac{x}{R_p} \right) + 2 \right), \quad (18)$$

где K_k – коэффициент консистенции.

Полагая, что перемещение z_0 – пренебрежимо малая величина, разложим функцию $(z + z_0)^{-3}$ в степенной ряд и, учитывая лишь чле-

ны до второго порядка малости включительно, после упрощения получим:

$$\begin{aligned} \frac{d^2 z_0}{dt^2} - \frac{24\mu\pi R_p^3 dr}{z^3 dm} \left(1 - \frac{3U_0 z_0}{z} \right) \left(\frac{x^2}{2} - 2 \cos \left(\frac{x}{R_p} \right) - x \sin \left(\frac{x}{R_p} \right) + 2 \right) \frac{dz_0}{dt} + \frac{6\mu\pi R_p^2 dr^2 x^2 U_0}{z^3 dm} \frac{dz_0}{dt} + \frac{6\mu\pi R_p^2 dr^2 x^2 U_0 z_0}{z^4 dm} = \\ = \frac{24\mu\pi R_p^3 dr U_0}{z^3 dm} \left(\frac{x^2}{2} - 2 \cos \left(\frac{x}{R_p} \right) - x \sin \left(\frac{x}{R_p} \right) + 2 \right) - \frac{6\mu\pi R_p^2 dr^2 x^2 U_0}{z^3 dm} + \frac{2\pi K_k}{dm dr^{n(t)}} \left| \frac{dz_0}{dt} \right|^{n(t)} (2r h_\Phi - r dh_\Phi + dr h_\Phi - dr dh_\Phi) + g \end{aligned} \quad (20)$$

Для решения данного уравнения необходимо определить реологические характеристики органоминерального композиционного материала, а именно коэффициент консистенции K и индекс течения n .

Как отмечалось выше, после заполнения формы материалом в системе происходят поршневые колебания и колебания типа “бегущая волна”. Закон движения центра масс описывается уравнением:

$$m \frac{d^2 z}{dt^2} = \int_A p dA - mg. \quad (21)$$

Суммарное воздействие со стороны воздушного буфера, на объект:

$$\int_{\Delta A} p dA = \frac{6\mu\pi^3 R_p^4 (U_0 + \dot{z})}{z^3}. \quad (22)$$

Выражение для определения отклонения от положения равновесия в воздушном буфере можно записать следующим образом:

$$z = h_0 + \zeta; \quad \dot{z} = \dot{\zeta}; \quad \ddot{z} = \ddot{\zeta}. \quad (23)$$

Дифференциальное уравнение колебаний объекта на воздушном буфере:

$$m \ddot{\zeta} + \frac{6\mu\pi^3 R_p^4 (U_0 + \dot{\zeta})}{(h_0 + \zeta)} + mg = 0. \quad (24)$$

Полагая, что возмущение ζ – пренебрежимо малая величина, разложим функцию $(h_0 + \zeta)^{-3}$ в степенной ряд и, учитывая лишь члены до второго порядка малости включительно, после упрощения получим:

$$m \ddot{\zeta} + \frac{6\mu\pi^3 R_p^4}{h_0^3} \dot{\zeta} + \frac{18\mu\pi^4 R_p^4 U_0}{h_0^3} + mg = 0. \quad (25)$$

Выражение для определения толщины несущего воздушного буфера при стационарных условиях ($\zeta = 0$, $\dot{\zeta} = 0$, $\ddot{\zeta} = 0$) имеет вид:

$$h_0 = \sqrt[3]{\frac{\mu\pi^3 R_p^4 U_0}{mg}}. \quad (26)$$

Перепишем (25) с учетом (26), получим:

$$m \ddot{\zeta} + \frac{6\mu\pi^3 R_p^4 U_0}{h_0^3} \dot{\zeta} + \frac{18\mu\pi^4 R_p^4 U_0}{h_0^4} \zeta = 0.$$

Решение данного уравнения при граничных условиях $t = 0$, $\zeta = h_0 - h_{\min}$, $\dot{\zeta} = 0$ имеет вид:

$$\zeta = (h_0 - h_{\min}) e^{-\frac{m}{n}t} \sin \left[\sqrt{\frac{cm - n^2}{m^2}} t + \arctg \frac{\sqrt{cm - n^2}}{n} \right] \times \sqrt{1 + \frac{n^2}{cm - n^2}} \quad (27)$$

Коэффициент демпфирования:

$$n = \frac{6\mu\lambda\pi^3 R_p^4}{h_0^3} \quad (28)$$

Коэффициент жесткости:

$$c = \frac{18\mu\lambda\pi^3 R_p^4 U_0}{h_0^4} \quad (29)$$

Используя полученные зависимости,
ЛИТЕРАТУРА

- 1 Севостьянов В.С. и др. Технические основы переработки и утилизации техногенных материалов. Белгород: Изд-во БГТУ, 2011. 263 с.
- 2 Севостьянов В.С. и др. Энергосберегающие технологические комплексы и агрегаты для утилизации техногенных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2007. №1. С. 85-90.
- 3 Чертов Е.Д. и др. Обдувка воздухом – фактор снижения потерь в производстве // Хлебопечение России. 2002. № 4. С. 28 - 29
- 4 Васечкин М.А., Носов О.А., Витко Ю.С. Влияние пневмообдува на реологические свойства мучного теста // Хранение и переработка сельхозсырья. 2010. № 6. С. 52 - 53.
- 5 Чертов Е.Д. и др. Математическая модель процесса загрузки сферического тела в пневмокамеру // Известия вузов. Пищевая технология. 2002. № 2-3. С. 51-53.

можно определить основные параметры процессов, протекающих в системе “материал – несущий воздушный буфер” при отливке органоминерального композиционного материала и выработать закон эффективного демпфирования возникающих при этом колебаний.

Представленное выше математическое описание процессов, протекающих при бесконтактной отливке органоминеральных композиционных материалов, позволили выработать, путем некоторых упрощений, зависимости инженерного расчета соответствующего оборудования. Высокая эффективность последнего подтверждена экспериментально. Изготовленные полупромышленные и промышленные установки прошли полный цикл испытаний в условиях предприятий г. Воронежа.

REFERENCES

- 1 Sevostianov V.S. et al. Tekhnicheskie osnovy pererabotki i utilizatsii tekhnogennykh materialov [Technical fundamentals of processing and utilization of technogenic materials]. Belgorod, BGTU, 2011. 263 p. (In Russ.).
- 2 Sevostianov V.S. et al. Energy-saving technological complexes and machines for utilization of technogenic materials. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*. [Newsletter of BSTU by V.G. Shukhov], 2007, no.1, pp. 85-90. (In Russ.).
- 3 Chertov E.D. et al. Air blowing – the factor of reducing wastage in production. *Khlebopechenie Rossii*. [Baking in Russia], 2002, no. 4, pp. 28-29. (In Russ.).
- 4 Vasechkin M.A., Nosov O.A., Vitko Iu.S. Influence of pneumo blowing on rheological properties of flour dough. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural raw material], 2010, no. 6, pp. 52-53. (In Russ.).
- 5 Chertov E.D. et al. Mathematical model of the process of download of spherical body into a pneumocell. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiya*. [News of high schools. Food technology], 2002, no. 2-3, pp. 51-53. (In Russ.).

УДК 519.81

Профессор Ю.В. Бугаев, доцент И.Е. Медведкова,
аспирант М.К. Бабаян
(Воронеж.гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационные технологии
моделирования и управления. тел. (473) 255-25-50
E-mail: mixabmk@gmail.com

Professor Iu.V. Bugaev, associate Professor I.E. Medvedkova,
graduate M.K. Babaian
(Voronezh state university of engineering technology) Department of information technolo-
gies for modeling and management. phone (473) 255-25-50
E-mail: mixabmk@gmail.com

Методы проверки транзитивности индивидуальных экспертных предпочтений

Methods of test for transitivity of individual expert preferences

Реферат. Результатом обработки экспертной информации является построение бинарного отношения предпочтения, на основе которого будет осуществляться выбор. Одним из важнейших свойств такого отношения является транзитивность. Однако в силу несовершенности человеческой системы переработки информации, при оценивании выборки в результат вносятся случайные ошибки, вследствие которых может возникать нетранзитивность и противоречивость в предпочтениях. Во многом проблема нарушения транзитивности индивидуального экспертного ранжирования связана с тем, что эксперт, сравнивая альтернативы попарно, вообще говоря, не обязан думать о том, как соотносятся эти альтернативы со всеми остальными. При этом велика вероятность нарушения согласованности предпочтений, которые делают бесполезной дальнейшую обработку результатов экспертизы. В данной работе предлагаются: новый универсальный алгоритм оценки транзитивности отношения экспертных предпочтений при упорядочении исходной выборки альтернатив на порядковой шкале; модифицированный алгоритм оценки непротиворечивости экспертных суждений и построения структурных матриц всевозможных экспертных предпочтений между всеми парами альтернатив выборки, ранжирование которой осуществляется на разностно-классификационной шкале. Базовая идея алгоритма состоит в том, чтобы на основе вспомогательных матриц парных индивидуальных сравнений альтернатив выборки обеспечить не только проверку профиля экспертных упорядочений на транзитивность, но и, по окончании опроса экспертов, сформировать структурные матрицы всевозможных предпочтений между всеми парами альтернатив выборки. Данные алгоритмы используют исходную информацию в виде матрицы парных индивидуальных сравнений альтернатив выборки. В статье приведены иллюстрирующие примеры работы вышеупомянутых алгоритмов.

Summary. Result of expert information processing is to construct a binary preference relation on the basis of which will be the choice. One of the most important properties of this relationship is transitive. However, due to the incompleteness of the human information processing system, when evaluating the sampling results are random errors, due to which may occur intransitive and inconsistency in preferences. Largely a problem of violations of transitivity individual expert ranking stems from the fact that the expert, comparing alternatives in pairs, generally speaking, is not obliged to think about how to relate these alternatives with all other. In this case it is likely a violation of consistency preferences that make useless the further processing of examination results. In this paper we propose: new universal algorithm for estimating transitive relations expert preferences when ordering of the original sample of alternatives on ordinal scale; modified algorithm for estimating the consistency of expert judgment and construction of structural matrices of various expert preferences between all pairs of alternatives sample which the ranking on difference- classification scale. The basic idea of the algorithm is to on the basis of the support matrices of paired comparisons of individual alternatives to sample to provide not only a review of profile expert orderings on the transitivity, but at the end of the survey of experts to form the structural matrix of all possible preferences between all pairs of sampling alternatives. These algorithms make use of the original information in the form of a matrix of paired comparisons of alternatives to individual sample. The article gives examples illustrating the operation of the above algorithms.

Ключевые слова: альтернатива, коллективный выбор, транзитивность экспертных предпочтений

Keywords: alternative, a collective choice, transitivity of expert preferences

В теории выбора при построении отношения предпочтения, на основе которого будет осуществляться выбор, предъявляется ряд требований к свойствам, которыми должно обладать это отношение. Одним из важнейших свойств является транзитивность: когда одно

решение предпочтительнее второго, а оно, в свою очередь, предпочтительнее некоторого третьего решения, то при сравнении первого и третьего решения, здравомыслящий человек выберет первое решение.

© Бугаев Ю.В., Медведкова И.Е., Бабаян М.К., 2014

Следует отметить, что при формировании коллективного выбора требование транзитивности профиля предпочтений может нарушаться. Это считается нормальным, т.к. является следствием несовпадения индивидуальных мнений экспертов. Однако в индивидуальном предпочтении оно недопустимо. Поэтому, если мы хотим иметь теорию, в рамках которой осуществляется «наилучший» выбор, то индивидуальные предпочтения должны удовлетворять аксиоме транзитивности, в противном случае вполне может существовать множество решений, выбрать наилучшее из которых невозможно.

В работе [1] вопросу проверки нетранзитивности индивидуальных предпочтений уделено достаточно внимания. В частности, показана связь между нетранзитивностью и пустотой относительной внутренности области допустимых коэффициентов постулируемой функции обобщённого критерия. В настоящей же работе предлагаются более универсальные подходы (далее I и II), не связанные с допущением о существовании какого-либо обобщённого критерия, а использующие исходную информацию в виде матрицы парных индивидуальных сравнений альтернатив выборки.

I). Из теории бинарных отношений известно следующее: если бинарное отношение антирефлексивно и транзитивно, то оно ациклично. Обозначим свойства антирефлексивности, транзитивности и ацикличности буквами A, B, C , соответственно. Тогда данное свойство можно символически представить в виде следующей формулы алгебры высказываний:

$$A \wedge B \rightarrow C,$$

или в приведённой форме[^]

$$\neg A \vee \neg B \vee C.$$

К последней формуле приводится также выражение:

$$\neg C \wedge A \rightarrow \neg B,$$

которое означает нетранзитивность циклического и антирефлексивного отношения.

Если в индивидуальных предпочтениях исключить повторения альтернатив выборки, то антирефлексивность отношения предпочтения достигается автоматически. Следовательно, при наличии антирефлексивности транзитивность эквивалентна ацикличности.

Очевидно, если $C[r]$ – структурная матрица предпочтений r -го эксперта, то $-C[r]^T$ представляет собой матрицу инцидентностей графа G , соответствующего отношению индивидуального предпочтения. Если ранжирование проводилось

на порядковой шкале, то этот граф является турниром (турнир – полный ориентированный граф). Если этот граф содержит контур, то, очевидно, индивидуальное предпочтение циклично, т.е. не удовлетворяет выдвинутым требованиям.

Существует несколько методов проверки наличия контура в графе. Изложим один, основанный на следующих очевидных свойствах графа:

- в бесконтурном графе существует хотя бы одна вершина, в которую не заходит ни одна дуга;

- такая вершина не может принадлежать контуру;

- если из графа исключить такую вершину и инцидентные ей дуги, то имеющийся в графе контур останется без изменения.

Таким образом, алгоритм состоит в последовательном исключении из графа вершин, в которые не заходит ни одна дуга. Если на очередном шаге таких вершин не окажется, то граф содержит контур. Если из графа будут удалены все вершины, то граф не содержит контуров.

Предлагается текст программы на входном языке системы Matlab, использующей матрицу инцидентностей.

```
function P=Kontur(C1)
% Поиск контуров в орграфе. C1 – матрица смежности
C=-C1;
Y=true;
while (~isempty(C))& Y
    [nn,mm]=size(C);
    Y=false;
    foru=1:nn
        ifall(C(u,:)>=0) % Вершина u не имеет входящей дуги
            Y=true;
            h=find(C(u,:)==1);
            C(:,h)=[];
            C(u,:)=[];
            break;
        end
    end
end
if Y
    display('КОНТУРОВНЕТ');
    P=false;
else
    display('КОНТУРЕСТЬ');
    P=true;
end
```

Вычислительная сложность алгоритма оценивается величиной $O(n \cdot m)$, где n, m – число вершин и дуг графа, соответственно, т.к.

необходимо однократно просмотреть все элементы матрицы инцидентий.

Рассмотрим пример графа, содержащего замкнутый контур (рисунок 1):

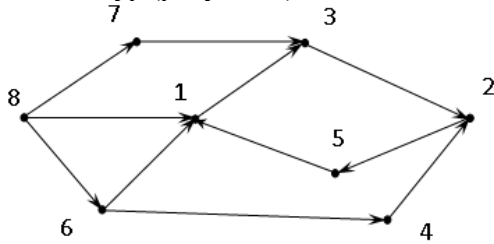


Рисунок 1. Граф, содержащий замкнутый контур

Матрица инцидентий этого графа имеет вид:

$$D = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

Вызываем программу:

P=Kontur(D);

ans = КОНТУР ЕСТЬ

Теперь рассмотрим пример графа без контуров (рисунок 2):

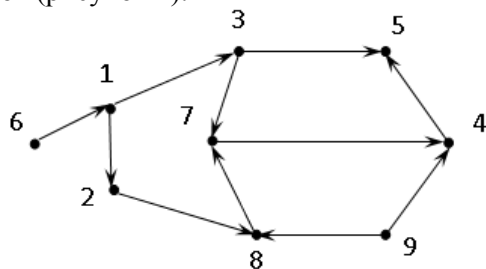


Рисунок 2. Граф без замкнутых контуров

$$F = \begin{bmatrix} 1 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & -1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & -1 \end{bmatrix}$$

P1=Kontur(F);

ans = КОНТУРОВ НЕТ.

II). Во многом проблема нарушения транзитивности индивидуального экспертного ранжирования связана с тем, что эксперт, сравнивая альтернативы попарно, вообще говоря, не обязан думать о том, как соотносятся эти альтернативы со всеми остальными. При этом велика вероятность нарушения согласованности предпочтений, которые делают бесполезной дальнейшую обработку результатов экспертизы.

Для решения указанной проблемы в [2] используется следующий алгоритм (назовём его «Алгоритм 1»):

1). На основе указанных r -ым экспертом пар предпочтений и эквивалентности строится вспомогательная матрица $Y[r]$ (размерности $n \times n$, где n - количество альтернатив выборки), по которой осуществляется предварительная оценка результатов его опроса. Значения Y_{ij} , устанавливающие отношения между парой альтернатив (A_i, A_j) , причём $i \neq j$ определяются следующим образом:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } A_i \succ A_j; \\ -1, & \text{если } A_j \succ A_i; \\ 0, & \text{если } A_i \approx A_j. \end{cases} \quad (1)$$

Далее в ходе проведения экспертного опроса, с учётом требований достижения транзитивности упорядочения альтернатив, в матрицу Y добавляются новые соотношения между объектами согласно (1) и правилам, приведённым в таблице 1, где:

$$i = \overline{1, n}, j_1 = \overline{1, n}, j_2 = \overline{1, n}.$$

Т а б л и ц а 1

Правила, устанавливающие отношения между альтернативами согласно требованию достижения транзитивности экспертных предпочтений при ранжировании выборки на порядковой шкале

Y_{ij_1}	Y_{ij_2}	$Y_{j_1 j_2}$
0	-1	-1
1	-1	-1
0	1	1
-1	1	1
1	0	-1
-1	0	1
0	0	0
-1	-1	0
1	1	0

2). В том случае, если добавляемое в матрицу Y соотношение уже имеет значение, полученное на предыдущих этапах построения вспомогательной матрицы, производится генерация уведомления о нарушении условия транзитивности экспертного ранжирования;

3). Экспертное упорядочение будет считаться полным, если все Y_{ij} ($i \neq j$) будут заполнены согласно правилам (таблица 1).

В результате проведения экспертного опроса должны быть сформированы матрицы $C[r]$, отражающие структуру предпочтений каждого r -го эксперта. Причём, в идеале такие матрицы должны содержать всевозможные предпочтения между всеми парами альтернатив выборки (далее такие структурные матрицы будем называть – «полными»).

Таким образом, помимо выполнения условия транзитивности, необходимо чтобы построенные матрицы $C[r]$ отражали всевозможные отношения между всеми парами альтернатив из исходной выборки.

Применение Алгоритма 1 корректно решает обе вышеприведённые проблемы, если упорядочение альтернатив проводится экспертами с использованием порядковой шкалы. Однако, если количество альтернатив достаточно велико и их ранжирование производится экспертами на лингвистической шкале [3, 4], более сильной по сравнению с порядковой, то построение полных $C[r]$ существенно усложняется. (Поскольку название «лингвистическая шкала» может привести к неверной мысли об использовании лингвистической переменной Л. А. Заде, то в дальнейшем будем называть её *разностно-классификационной* или *РК-шкалой*).

Вследствие чего, нами предложена модификация Алгоритма 1 (назовём её «Алгоритм 2»), которая позволяет осуществлять проверку условия транзитивности экспертных предпочтений и формировать полные структурные матрицы всевозможных предпочтений $C[r]$ при упорядочении альтернатив на РК-шкале. Применение РК-шкалы позволяет значительно повысить точность статистических оценок полезностей альтернатив и состоит в следующем.

Пусть для пары альтернатив (A_i, A_j) эксперт способен оценить величину разности в их полезности. На основании такой оценки пара должна быть отнесена к одному из классов $Q_0, Q_1, \dots, Q_s$ каждый из которых характеризуется определенной степенью различия в полезности A_i и A_j . Например, принадлежность $(A_i, A_j) \in Q_0$ будем соотносить с ситуацией неразличимости по полезности A_i и A_j . Следующий класс Q_1 соответствует уровню «малое» превосходство A_i над A_j и т. д. по порядку возрастания силы превосходства.

Алгоритм 2 при упорядочении выборки на РК-шкале состоит в следующем:

1). На основе указанных r -ым экспертом пар предпочтений строится вспомогательная

матрица $Y[r]$. Значения матрицы Y_{ij} , устанавливающие отношения между парой альтернатив $((A_i, A_j))$, причём $i \neq j$ определяются следующим образом:

$$Y_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{если } (A_i, A_j) \in Q_2; \\ 1, & \text{если } (A_i, A_j) \in Q_1; \\ 0, & \text{если } (A_i, A_j) \in Q_0; \\ -1, & \text{если } (A_j, A_i) \in Q_1; \\ -2, & \text{если } (A_j, A_i) \in Q_2. \end{cases} \quad (2)$$

Далее с учётом требований достижения транзитивности предпочтений в Y добавляются новые соотношения между объектами согласно (2) и правилам, приведённым в таблице 2,

где $i = \overline{1, n}$, $j_1 = \overline{1, n}$, $j_2 = \overline{1, n}$.

Т а б л и ц а 2

Правила, устанавливающие отношения между альтернативами согласно требованию достижения транзитивности экспертных предпочтений при ранжировании выборки на РК-шкале

$Y_{i j_1}$	$Y_{i j_2}$	$Y_{j_1 j_2}$
2	2	0
2	1	-1
2	0	-2
2	-1	-2
2	-2	-2
1	1	0
1	2	1
1	0	-1
1	-1	-2
1	-2	-2
0	0	0
0	2	2
0	1	1
0	-1	-1
0	-2	-2
-1	-1	0
-1	2	2
-1	1	2
-1	0	1
-1	-2	-1
-2	-2	0
-2	2	2
-2	1	2
-2	0	2
-2	-1	1

2). В том случае, если добавляемое в матрицу Y соотношение уже имеет значение, полученное на предыдущих этапах построения вспомогательной матрицы, производится генерация уведомления о нарушении условия транзитивности экспертного ранжирования;

3). Экспертное упорядочение будет считаться полным, если все Y_{ij} ($i \neq j$) будут заполнены согласно правилам (таблица 2).

4). После окончания опроса эксперта на основе матрицы Y формируется полная структурная матрица его всевозможных предпочтений $C[r]$.

Таким образом, идея Алгоритма 2 состоит в том, чтобы на основе вспомогательных матриц $Y[r]$ обеспечить не только проверку индивидуальных экспертных предпочтений на транзитивность, но и по окончании опроса экспертов сформировать полные матрицы $C[r]$ всевозможных предпочтений между всеми парами альтернатив выборки.

Предлагается текс функции на входном языке системы Matlab, осуществляющей построение полной матрицы $C[r]$ на основе вспомогательной матрицы $Y[r]$.

Предположим, что изначально все элементы матрицы $Y[r]$ имеют значение k , отличное от значений, которые может принимать величина Y_{ij} в выражении (2).

```
function C=Struct_matr(Y);
% C—полная структурная матрица экспертного упорядочения
M_sum=[];
C=[];
M_sum=sum(Y')-k;
[elem,index]=sort(M_sum,'descend');
C=nchoosek(index,2); % сочетания без повторений
C(:,3)=0;
for j=1:length(C),
    C(j,3)=Y(C(j,1),C(j,2));
end
```

Приведём иллюстрирующий пример работы Алгоритма 2.

Пример 1. Пусть r -ый эксперт предложил следующее упорядочение пяти альтернатив на РК-шкале:

$$\begin{bmatrix} (A_1, A_2) \in Q_1 \\ (A_2, A_3) \in Q_2 \\ (A_3, A_4) \in Q_1 \\ (A_4, A_5) \in Q_0 \end{bmatrix} \quad (3).$$

Предположим, что вспомогательная матрица $Y[r]$ инициализируется следующим образом:

$$Y^{(r)} = \begin{bmatrix} 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

Далее покажем, как будет изменяться вид матрицы $Y[r]$ с учётом требований достижения транзитивности упорядочения альтернатив, при последовательном добавлении экспертом предпочтений из ранжирования (3).

1) $(A_1, A_2) \in Q_1$:

$$Y^{(r)} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 3 & 3 & 3 \\ -1 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

2) $(A_2, A_3) \in Q_2$:

$$Y^{(r)} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 2 & 3 & 3 \\ -1 & 3 & 2 & 3 & 3 \\ -2 & -2 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

3) $(A_3, A_4) \in Q_1$:

$$Y^{(r)} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 2 & 2 & 3 \\ -1 & 3 & 2 & 2 & 3 \\ -2 & -2 & 3 & 1 & 3 \\ -2 & -2 & -1 & 3 & 3 \\ 3 & 3 & 3 & 3 & 3 \end{bmatrix}$$

4) $(A_4, A_5) \in Q_0$:

$$Y^{(r)} = \begin{bmatrix} 3 & 1 & 2 & 2 & 2 \\ -1 & 3 & 2 & 2 & 2 \\ -2 & -2 & 3 & 1 & 1 \\ -2 & -2 & -1 & 3 & 0 \\ -2 & -2 & -1 & 0 & 3 \end{bmatrix}$$

Согласно шагу 3 Алгоритма 2 экспертное упорядочение будет считаться полным.

Затем вызывается вышеприведённая функция «Struct_matr», которая на основе полученной вспомогательной матрицы $Y[r]$ формирует полную структурную матрицу всевозможных предпочтений эксперта $C[r]$:

$$C^{(r)T} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 3 & 4 & 5 & 4 & 5 & 5 \\ 1 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 2 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}.$$

Таким образом, в данной статье приведены алгоритмы, обеспечивающие проверку индивидуальных экспертных предпочтений на непротиворечивость при упорядочении исходной выборки альтернатив на порядковой и разностно-классификационной шкале.

Работа поддержана грантом РФФИ №14-01-00653-А «Разработка и исследование процедур коллективного выбора на необозримом для ЛПР множестве альтернатив».

ЛИТЕРАТУРА

1 Черняева С.Н. Синтез моделей индивидуального выбора на основе избыточности экспертной информации: дисс. ... канд. физ.-мат. наук. Воронеж: ВГТА, 2010. 142 с.

2 Белоусов К.Н. Алгоритмическое обеспечение проверки непротиворечивости экспертных оценок // Фундаментальные исследования. 2007. № 12. С. 274–276.

3 Никитин Б. Е., Бугаев Ю. В. К вопросу о выявлении предпочтений ЛПР на лингвистической шкале // Теория конфликта и ее приложения. I Всероссийская научно-техническая конференция. Воронеж: ВГТА, 2000. С. 23–24.

4 Бугаев, Ю. В. , Миронова М. С., Никитин Б. Е., Чайковский А. С. Система поддержки принятия решений на основе экстраполяции экспертных оценок методом максимального правдоподобия // Вестник БГТУ. 2010. №1. С.84–90.

REFERENCES

1 Cherniaeva S. N. Sintez modeleji individual'nogo vybora na osnove izbytochnosti ekspertnoi informatsii. Diss. kand. fiz.-mat. nauk [Synthesis of models of individual choice based on expert information redundancy. Cand. phys. and math. sci. diss.]. Voronezh, 2010, 142 p. (In Russ.).

2 Belousov K. N. Algorithmic support consistency checks expert assessments. *Fundamental'nye issledovaniia*. [Fundamental research], 2007, no. 12, pp. 274–276. (In Russ.).

3 Nikitin B. E., Bugaev Iu. V. On the question of identifying the decision maker preferences on a linguistic scale. *Teoriia konflikta i ee prilozheniia*. I Vserossiiskaia nauchno-tekhnicheskaia konferentsiia [Conflict theory and its applications. I All Russian scientific and engineering conference] Voronezh, 2000, pp. 23–24. (In Russ.).

4 Bugaev Iu.V., Mironova M.S., Nikitin B.E., Chaikovskii A. S. Decision support system based on an extrapolation of expert estimates the maximum likelihood method. *Vestnik BGTU*. [Bulletin of BSTU], 2010, no. 1, pp. 84–90. (In Russ.).

УДК 637.057

Профессор М.М. Благовещенская, аспирант Г.Р. Давыдова,
доцент Н.А. Семина

(Московский государственный университет пищевых производств, г. Москва)
кафедра информационных технологий и автоматизированных систем
тел.+7 (499) 750-01-11
E-mail: mmb@mgupp.ru

профессор И.Г. Благовещенский

(Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва)
кафедра теоретической механики
тел.+7 (916) 964-72-81
E-mail: drbl@bk.ru

Professor M.M. Blagoveshchenskaia, graduate G.R. Davydova,
associate Professor N.A. Semina

(Moscow State University of Food Production, Moscow) Department of information technologies and automated systems
phone +7 (499) 750-01-11
E-mail: mmb@mgupp.ru

professor I.G. Blagoveshchenskii

(Baumann Moscow state technical university, Moscow) Department of theoretical mechanics.
phone (916) 964-72-81
E-mail drbl@bk.ru

Использование интеллектуальных технологий для контроля качества творога

Use of intellectual technologies for quality control of curd

Реферат. В статье описывается способ контроля качества творога и творожной продукции на основе нейросетевой модели, позволяющей без участия профессиональных дегустаторов максимально объективно оценить вкус готового изделия. Способ заключается в построении нейросетевой модели оценки качества творога по входным и выходным данным. Для решения задачи объективной оценки качества готового продукта предлагается внедрить на производстве программно- аппаратный комплекс определения вкусовых показателей творога и творожной продукции, в основе алгоритма работы которого заложена нейросетевая модель. Функционирование нейросетевой модели базируется на применении аппарата искусственных нейронных сетей, который является одним из направлений развития теории искусственного интеллекта. Модель нейронной сети состоит из нескольких слоев искусственных нейронов, которые имитируют работу своих биологических собратьев (нервных клеток). Функционирование модели искусственного нейрона реализовано по упрощенной аналогии с работой нервной клетки. При решении задачи оценки вкусовых показателей творога и творожной продукции была опробована сеть прямого распространения типа MLP (многослойный персептрон). Особенностью такой сети является то, что входные сигналы передаются от нейронов одного слоя всем нейронам следующего слоя только в направлении от входного слоя к выходному. Для правильной работы искусственной нейронной сети было проведено ее обучение, которое сводилось к подбору оптимальных синаптических весовых коэффициентов. В статье представлена разработанная для этих целей Блок-схема алгоритма обучения. Приведена последовательность основных операций, необходимых для составления нейросетевых моделей и предложены рекомендации для составления программно-аппаратного комплекса. Результаты экспериментов показали, что такой способ оценки показателей вкуса с помощью искусственных нейронных сетей упрощает контроль качества готового продукта, так как позволяет своевременно реагировать на отклонения в процессе производства (исходя из данных, предложенных нейронной сетью).

Summary. Method of curds quality control, based on neural network model is introduced in the paper. It allows to give fair estimate of final product's quality without use of professional degustators. Method consists in construction of neural network model to estimate quality of curds by input and output parameters. Hardware software complex of curds taste control is proposed to apply in industry for independent estimate of final product. Operation of neural network model based on usage of artificial neural networks, which is one of directions of artificial intelligence theory. Neural network model consists of several artificial neurons layers, which emulate nerve cells functioning. Feed forward network of MLP type was used in solving of curds taste control problem. Feature of this network is that signals passed from one layer's neurons to next layer's neurons only from input layer to output, not the other way. Neural network was trained for its correct operation by selection of optimal synaptic factors. Flow diagram of training algorithm is introduced in the paper. Algorithm of neural network tuning is described in the paper. Author proposed set of recommendations for software-hardware complex deployment. Experiment results show that this taste estimate method based on neural net works simplify a problem of final product control as allow to react to deviations in production process on proper time.

Ключевые слова: производство творога, нейросетевое моделирование, программно-аппаратный комплекс, контроль качества, органолептические показатели

Key words: curd production, neural networks projection, hardware/software solution, quality control, organoleptic properties

© Благовещенская М.М., Давыдова Г.Р.,
Семина Н.А., Благовещенский И.Г., 2014

В настоящее время в пищевой промышленности наблюдается тенденция повышенного внимания к качеству выпускаемой продукции.

При формировании спроса на творог решающую роль для потребителя играют вкус, запах и внешний вид продукта, тогда как его химический состав и пищевая ценность большинством потребителей принимаются во внимание лишь во вторую очередь [1].

Традиционно оценку этих свойств осуществляют органолептическим путем. Однако такие оценки качества субъективны и несовершенны. Чтобы получить достоверные результаты, необходимо использовать научно обоснованные методы отбора дегустаторов и оценки продуктов, выполнить требования, предъявляемые к помещению, освещению и другие условия проведения анализа [2]. Успешное решение этой задачи при минимальных затратах на подготовку и проведение анализов станет возможным благодаря внедрению в производственный процесс автоматизированного программно-аппаратного комплекса (ПАК) контроля вкусовых показателей творога, в основе алгоритма работы которого заложена нейросетевая модель (НСМ) [3].

Контроль качества творога по органолептическим показателям по ГОСТу не обязателен, однако, многие производители используют такой метод оценки. Контроль проводится всего один раз в смену, что может привести к выпуску изделий с неудовлетворительными вкусовыми показателями, обусловленными отклонениями технологического процесса от установленных норм. Реализация такой продукции может привести как к материальным издержкам, так и к потере репутации, снижению стоимости бренда.

В связи с этим была разработана условная 5-балльная шкала для органолептической оценки творога и творожных изделий, представленная в приложении 1.

Оценка внешнего вида потребительской упаковки и маркировки осуществляется по рекомендации ГНУ ВНИМИ и Российского союза предприятий молочной отрасли.

Максимальная суммарная оценка творога и творожных изделий составляет 10 баллов, которые складываются из оценки следующих показателей:

5 баллов – вкус и запах;

3 балла – консистенция и внешний вид;

1 балл – цвет;

1 балл – внешний вид потребительской упаковки и маркировка [4].

Для решения задачи объективной оценки качества готового продукта предлагается внедрить на производстве программно-аппаратный комплекс (ПАК), в основе алгоритма работы которого заложена нейросетевая модель.

Для разработки ПАК необходимо получить набор входных параметров, влияющих на качество готового изделия (жирность сливок, количество закваски и сычужного фермента, количество влаги в твороге, жирность молока, температура сгустка и т.д.) и выходных – результаты оценки продукта дегустационной комиссией по предложенной шкале. На основе известных входных ($X_1, X_2 \dots X_n$) и выходных (Y_1, Y_2) данных можно обучить нейронную сеть.

Создание нейросетевой модели базируется на применении аппарата искусственных нейронных сетей, который является одним из направлений развития теории искусственного интеллекта. Модель нейронной сети состоит из нескольких слоев искусственных нейронов, которые имитируют работу своих биологических собратьев (нервных клеток). Функционирование биологического нейрона осуществляется следующим образом: входные сигналы поступают с синапсов через тонкие густоветвящиеся отростки нейрона – дендриты, в тело клетки – сом, внутри которого находится ядро. Синапсы отличаются друг от друга размерами и возможностью концентрации особых химических субстанций вблизи своей оболочки. По этой причине, импульсы одинаковой величины, поступающие на входы нервной клетки через различные синапсы, могут возбуждать ее в разной степени. Мерой возбуждения клетки считается уровень поляризации ее мембраны, зависящий от суммарного количества химических субстанций выделенного на всех синапсах. Если возбуждение клетки не велико, то на ее выходе никакие изменения не регистрируются. Если же сумма возбуждений превысила порог активации клетки, значение выходного сигнала начинает лавинообразно нарастать, принимая вид нервного импульса. Этот импульс отводится из клетки аксоном через его многочисленные нервные окончания и попадает на синапс, через который входной сигнал поступает на другие нейроны, подключенные к данной клетке [5]. Схема нейронной сети представлена на рисунке 1.

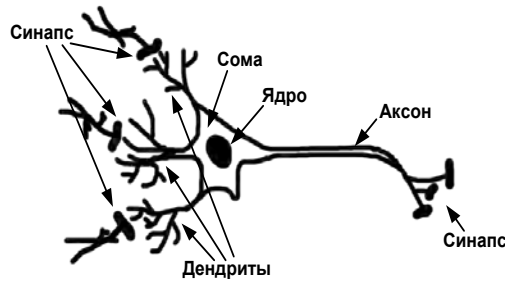


Рисунок 1. Структура биологического нейрона

Функционирование модели искусственного нейрона реализовано по упрощенной аналогии с работой нервной клетки (рисунок 2). Входные сигналы x_{ni} домножаются на соответствующие синаптические веса w_n и поступают в тело нейрона. Нейрон суммирует все произведения сигналов и весов $x_{ni}w_n$, вычисляет нелинейную функцию $F(u)$, названную функцией активации, и передает результирующее значение y_i связанным с ним нейронам [6].

Искусственная нейронная сеть имеет один входной слой, один выходной слой и слои,

размещенные между входным и выходным, которые называются скрытыми слоями. Количество скрытых слоев может быть различным, и оно определяется в процессе адаптации нейросетевой модели при решении конкретной задачи.

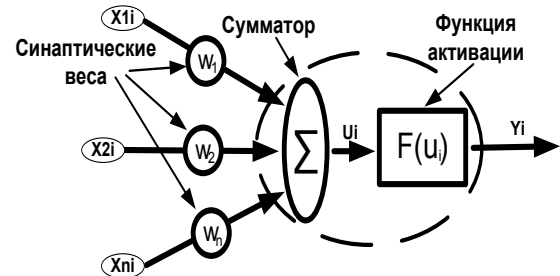


Рисунок 2. Структура искусственного нейрона

При решении задачи оценки показателей качества твора была опробована сеть прямого распространения типа MLP (многослойный персептрон), изображенная на рисунке 3. Особенностью такой сети является то, что входные сигналы передаются от нейронов одного слоя всем нейронам следующего слоя только в направлении от входного слоя к выходному [7].

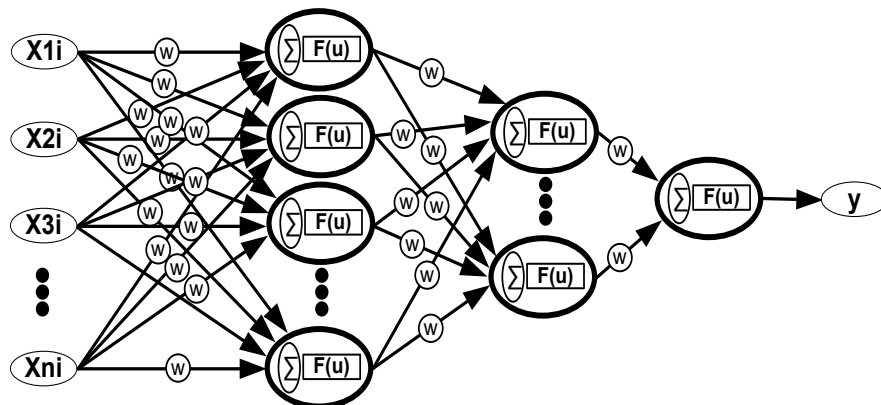


Рисунок 3. Структура многослойного персептрона

Расчет результирующих выходных сигналов $y_m^{(Z)}$ в сети, состоящей из Z слоев, проводится в несколько этапов [8].

Вначале рассчитываются выходные сигналы первого скрытого слоя $y_k^{(1)}$:

$$y_k^{(1)} = f\left(\sum_{i=0}^N w_{ki}^{(1)} \times x_i\right), \quad (1)$$

где k – количество нейронов в скрытом слое; N – количество входных сигналов; $w_{ki}^{(1)}$ – синаптические веса входных сигналов; x_i – величины входных сигналов; $f\left(\sum_{i=0}^N w_{ki}^{(1)} \times x_i\right)$ – функция активации сигмоидального вида.

Затем рассчитываются выходные сигналы следующего скрытого слоя $y_l^{(2)}$ [9]:

$$y_l^{(2)} = f\left(\sum_{j=0}^K w_{lj}^{(2)} \times y_j^{(1)}\right) = f\left(\sum_{j=0}^K w_{lj}^{(2)} \times f\left(\sum_{i=0}^N w_{ki}^{(1)} \times x_i\right)\right), \quad (2)$$

где l – количество нейронов в следующем скрытом слое; K – количество выходных сигналов первого скрытого слоя, которые в свою очередь являются входными для следующего скрытого слоя; $w_{lj}^{(2)}$ – синаптические веса входных сигналов второго скрытого слоя.

Исходя из представленных вычислений, результирующие выходные сигналы $y_m^{(Z)}$ будут равны:

$$y_m^{(Z)} = f\left(\sum_{\eta=0}^L w_{m\eta}^{(Z)} \times y_{\eta}^{(Z-1)}\right), \quad (3)$$

где m – количество нейронов в выходном слое; L – количество выходных сигналов последнего скрытого слоя, которые в свою очередь являются входными для выходного слоя; $w_{m\eta}^{(Z)}$ – синаптические веса входных сигналов последнего скрытого слоя; $y_{\eta}^{(Z-1)}$ – величины выходных сигналов последнего скрытого слоя.

Во всех вычислениях функция активации графически представляет собой сигмоид и в общем случае вычисляется по формуле:

$$f(s) = \frac{1}{1 + e^{-s}}, \quad (4)$$

Работа программно-аппаратного комплекса заключается в:

1. сборе данных:
 - от технологического оборудования;
 - из результатов измерений лабораторий;
2. обработке данных;
3. оценке вкусовых показателей по нескольким критериям.

Нейронную сеть можно описать формулой:

$$\sum_j \left(\sum_i X_i * W_{ij} \right) * W_{2jk} \quad (5)$$

где X_i – значение входного параметра; W_{ij} – вес связи i -го входа и j -го нейрона первого слоя; W_{2jk} – вес связи j -го нейрона первого слоя и k -го второго

Сбор данных осуществляется со средств измерения, установленных на большинстве стадий технологического процесса производства творога. Также данные поступают из центральной и цеховой лабораторий, где проводится большинство измерений параметров качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Собранные данные являются входными для искусственной нейронной сети, которая исходя из заложенного в ней алгоритма, оценивает результирующий показатель вкуса по нескольким критериям по десятибалльной шкале.

Принцип работы нейронной сети (рисунок 4) заключается в следующем: через нейронную сеть пропускаются наборы входных параметров, для которых известны выходные. Происходит вычисление весовых коэффициентов связей нейронов – обучение сети. Затем, если на вход подать параметры, для которых не известны выходные, то нейронная сеть построит прогноз их значений на основе весовых коэффициентов [10].

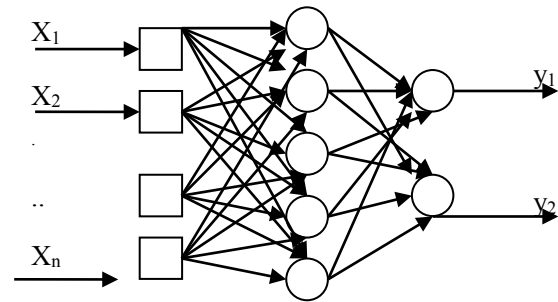


Рисунок 4 Схема нейронной сети

Для правильной работы искусственной нейронной сети необходимо ее обучить. Для обучения на вход нейронной сети должна быть подана обучающая выборка состоящая не менее чем из ста экспериментов. Обучающую выборку подготавливают следующим образом: осуществляется сбор всех данных, которые впоследствии будут поступать на вход нейронной сети. А далее экспертная комиссия, состоящая из профессиональных дегустаторов, в условиях, необходимых для проведения дегустации, проводит оценку показателей вкуса готовых изделий, изготовленных при измеренных в ходе эксперимента параметрах, по ряду критериев.

Обучение нейронной сети сводится к подбору оптимальных синаптических весовых коэффициентов. Наиболее популярным алгоритмом обучения сетей типа MLP является алгоритм обратного распространения ошибки, основную суть которого можно изобразить на блок-схеме, представленной на рисунке 5.

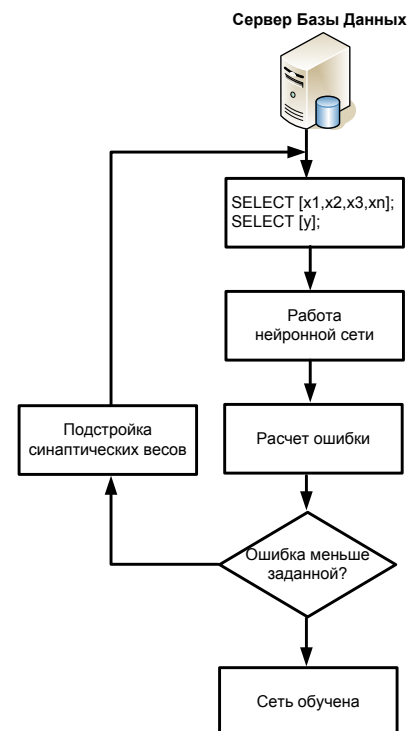


Рисунок 5. Блок-схема алгоритма обучения

Таким образом, можно оценить качество готового творога, что до этого составляло некоторую сложность исходя из субъективности оценки. Необходимо провести ряд испытаний, что позволит дать наиболее полную оценку качества продукта и по полученным результатам обучить нейронную сеть для оценки качества всех последующих партий готового продукта.

Результаты экспериментов показали, что оценка показателей вкуса с помощью искус-

ственных нейронных сетей исключает необъективность, исходящую от непрофессионализма членов специальной комиссии при проведении дегустации, и позволяет оценить вкусовые качества изделия по различным критериям за достаточно короткий промежуток времени, что способствует повышению результирующего показателя качества выпускаемой молочной продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1 Брижашева О.В. Маркетинг торговли: учебное пособие. Ульяновск: УлГТУ, 2007. 170 с.

2 Ребрин Ю.И. Управление качеством: учебное пособие. Таганрог: ТРТУ, 2004. 174 с.

3 Апанасенко С.И., Благовещенская М.М. Системы регулирования показателей качества пищевых продуктов на основе нейросетевых алгоритмов // Сборник докладов II конференции молодых ученых «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем», Звенигород, 7-11 июля 2009 г. М.: МГУ, 2009. С. 65 – 67

4 Меркулова Н.Г. Производственный контроль в молочной промышленности: практическое руководство: учебное пособие. СПб: Профессия, 2009. 656 с.

5 Апанасенко С.И., Благовещенская М.М. О построении системы регулирования показателей качества пищевых продуктов с применением нейронных сетей // Сборник докладов международной научной конференции студентов и молодых ученых «Экологически безопасные, ресурсосберегающие технологии и средства переработки сельскохозяйственного сырья и производства продуктов питания», М.: МГУПБ, 2009. С. 157 – 159.

6 Апанасенко С.И., Благовещенская М.М. Применение нейронных сетей для построения автоматизированной системы корректировки рецептуры приготовления кондитерских масс // Сборник докладов научного семинара «Интенсификация и автоматизация процессов обработки пищевых продуктов», М.: МГУПБ, 2010. С. 26 – 30.

7 Апанасенко С.И., Благовещенская М.М. Построение виртуальных датчиков на основе нейросетевых алгоритмов для определения качественных показателей пищевых масс // Вестник ВГТА. 2010. № 2. С. 5 – 8.

8 Шаверин А.В., Благовещенская М.М. Исследование возможностей современных автоматизированных технологических линий для построения интеллектуального модуля прогнозирования вкусовых качеств кондитерских масс // Сборник докладов V Юбилейной школы - конференции с международным участием «Высокоэффективные пищевые технологии, методы и средства для их реализации», М.: МГУПБ, 2007. С. 391 – 393.

9 Шаверин А.В., Благовещенская М.М. Создание программно-аппаратного комплекса для оценки показателей вкуса кондитерских изделий // Сборник докладов II конференции молодых ученых «Реология и физико-химическая механика гетерофазных систем», Звенигород, 7-11 июля 2009 г. М.: МГУ, 2009. С. 58 – 60.

10 Шаверин А.В., Благовещенская М.М. Автоматизированная система интеллектуального контроля вкуса шоколадных изделий // Хранение и переработка сельхозсырья. 2009. №11. С. 55 – 57.

REFERENCES

1 Brizhasheva O.V. Marketing trgovli [Marketing of trade]. Ulyanovsk, UIGTU, 2007. 170 p. (In Russ.).

2 Rebrin Iu.I. Upravlenie kachestvom [Quality control]. Taganrog, TRTU, 2004. 174 p. (In Russ.).

3 Apanasenko S.I., Blagoveshchenskaia M.M. System of quality control indicators of foodstuff based on neural network algorithms. Sbornik dokladov II konferentsii molodykh uchenykh «Reologiya i fiziko-khimicheskaya mekhanika geterofaznykh system» [Collection reporters IIth Int. Conf. «Rheology and physical-chemical mechanics of heterogeneous systems»]. Moscow, 2009, pp. 65-67. (In Russ.).

4 Merkylova N.G. Proizvodstvennyi kontrol' v molochnoi promyshlennosti: prakticheskoe rukovodstvo [Production control in the dairy industry: practical guide]. St. Petersburg, Professia, 2009. 656 p. (In Russ.).

5 Apanasenko S.I., Blagoveshchenskaia M.M. About creation of regulation system for quality indicators of foodstuff with neural networks. Sbornik dokladov mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii studentov i molodykh uchenykh «Ecologicheski bezopasnye, resyrsoberegaiushchie tekhnologii i sredstva pererabotki sel'skokhoziaistvennogo» [Collection reporters Int. Conf. «Environment friendly, resource-saving technologies and processing facilities of agricultural raw materials and food production»]. Moscow, 2009, pp. 157-159. (In Russ.).

6 Apanasenko S.I., Blagoveshchenskaia M.M. Neural networks application for elaboration of automated system to adjust recipes of confectionery products. Sbornik dokladov nauchnogo seminar «Intensifikatsiia i avtomatizatsiia protsessov obrabotki pishchevykh produktov» [Collection reporters Int. Conf «Intensification and automation the processing of foodstuffs»]. Moscow, 2010, pp. 26-30. (In Russ.).

7 Apanasenko S.I., Blagoveshchenskaia M.M. Elaboration of virtual sensors based on neural network algorithms for determination of food masses quality indicators. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2010, no. 2, pp. 5-8. (In Russ.).

8 Shaverin A.V., Blagoveshchenskaia M.M. Research of contemporary automatized process lines possibilities for developing intellectual module of forecasting confectionery products flavor. Sbornik dokladov V Iubileinoi shkoly-konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Vysokoeffektivnye pishchevye tekhnologii, metody i sredstva dlia ikh realizatsii» [Collection reporters Vth Int. Conf. «Highly effective food technologies, methods and facilities for its achievement»]. Moscow, 2007, pp. 391-393. (In Russ.).

9 Shaverin A.V., Blagoveshchenskaia M.M. Creation of a hardware-software complex for taste estimation of confectionery products. Sbornik dokladov II konferentsii molodykh uchenykh «Reologiya i fiziko-khimicheskaya mekhanika geterofaznykh system» [Collection reporters IIth Int. Conf. «Rheology and physical-chemical mechanics of heterogeneous systems»]. Moscow, 2009, pp. 58-60. (In Russ.).

10 Shaverin A.V., Blagoveshchenskaia M.M. The automatized system of intellectual control of chocolate products taste. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural products], 2009, no. 11, pp. 55-57. (In Russ.).

Рекомендуемая шкала дегустационной оценки творога и творожных изделий

Показатели продукта, общая оценка	Снижение оценки, баллы	Оценка, баллы
Вкус		
Очень хорошо: чистый, кисломолочный, без посторонних привкусов и запахов, с легким привкусом пастеризации, для творога с использованием сухого молока	0	5
Хорошо: наличие не более одного из следующих признаков: кислый вкус, привкус сыворотки, ореховый (для творога без наполнителей), слабо-кормовой привкус	1	4
Удовлетворительно: одновременно наличие не более двух из следующих признаков: слабо выраженные характерные для творога вкус и запах, наличие дрожжевого запаха и привкуса, чрезмерно кислый вкус, слабая горечь	2	3
Плохо и очень плохо: (в зависимости от степени выраженности порока): вкус и запах – не характерные для продукта, присутствуют выраженные посторонние привкусы и запахи	3-4	2-1
Внешний вид и консистенция		
Очень хорошо: однородная, мягкая, слегка мажущаяся, рассыпчатая, с наличием или без видимых частиц молочного белка. Для нежирного – незначительное отделение сыворотки	0	3
Хорошо: наличие не более двух следующих признаков: мажущая консистенция, легкая крупитчатость, незначительная мучнистость. Для нежирного – заметное отделение сыворотки	1	2
Удовлетворительно: наличие не более двух следующих признаков: рыхлая, чрезмерно рассыпчатая, слегка неоднородная консистенция. Для нежирного продукта – значительное отделение сыворотки	2	1
Плохо и очень плохо: (в зависимости от степени выраженности порока): выраженная резинистая, комковатая, грубая, крошливая, чрезмерно мажущая, слизистая консистенция, сильное отделение сыворотки	3	0
Цвет		
Удовлетворительно: равномерный от белого до светло-кремового.	0	1
Неудовлетворительно: неравномерный	1	0
Внешний вид потребительской упаковки и маркировки		
Отлично и хорошо: правильные надписи на этикетках и маркировке	0	1
Удовлетворительно: правильные надписи на этикетках и маркировке, недостаточно четкая маркировка и яркость надписи, незначительные дефекты в заделке упаковочного материала, отдельные вмятины на поверхности	0.5	0.5
Плохо: грязная, поврежденная тара, значительная деформация упаковки и продукта с нарушением герметичности упаковки, нечеткая, нечитаемая, неправильная маркировка или ее отсутствие	1	0

УДК 004.056

Профессор Я.Е. Львович, аспирант Д.С. Яковлев

(Воронеж. инст. высоких технол.) кафедра информационных систем и технологий.

тел. (473) 2-205-605

E-mail: office@vivt.ru

Professor Ia.E. L'vovich, graduate D.S. Iakovlev

(Voronezh institute of high technologies) Department of information systems and technologies. phone (473) 2-205-605

E-mail: office@vivt.ru

Оптимизация проектирования систем защиты информации в автоматизированных информационных системах промышленных предприятий

Optimizing the design of the systems of information protection in automated informational systems of industrial enterprises

Реферат. В настоящее время для повышения показателей эффективности и работоспособности сложных систем применяются средства автоматизации. Отмечена возрастающая роль информации, которая стала универсальным товаром для взаимоотношений между различными структурами. Наиболее актуальным становится вопрос ее защиты. Особое значение отводится оптимальному проектированию при построении систем защиты, позволяющему с наибольшей вероятностью выбирать наилучшие решения на множестве альтернатив. В настоящее время это становится актуальным для большинства промышленных предприятий, поскольку правильно спроектированная и внедренная система защиты будет являться залогом успешного функционирования и конкурентоспособности всей организации. Представлены этапы работ по построению системы информационной безопасности промышленного предприятия. Акцентировано внимание на одном из наиболее важных подходов к реализации оптимального проектирования – многоальтернативной оптимизации. В статье рассмотрена структура построения системы защиты с точки зрения различных моделей, каждая из которых дает представление об особенностях проектирования системы в целом. Особое внимание уделено проблеме построения системы информационной безопасности, поскольку она имеет наиболее сложную структуру. Обозначены задачи для процессов автоматизации каждого из этапов проектирования системы защиты информации промышленных предприятий. Дано представление о каждом из этапов работ при проектировании системы защиты, что позволяет наилучшим образом понять внутреннюю структуру построения системы защиты. Следовательно, дается возможность наглядного представления необходимых требований к построению надежного комплекса защиты информации промышленного предприятия. Тем самым дается возможность нивелирования рисков на ранних стадиях проектирования систем защиты, организации и определения необходимых типов программно-аппаратных комплексов для будущей системы.

Summary. Now to increase of indicators of efficiency and operability of difficult systems apply an automation equipment. The increasing role of information which became universal goods for relationship between various structures is noted. The question of its protection becomes the most actual. Special value is allocated for optimum design at creation of systems of the protection, allowing with the greatest probability to choose the best decisions on a set of alternatives. Now it becomes actual for the majority of the industrial enterprises as correctly designed and introduced system of protection will be pledge of successful functioning and competitiveness of all organization. Stages of works on creation of an information security system of the industrial enterprise are presented. The attention is focused on one of the most important approaches to realization of optimum design – multialternative optimization. In article the structure of creation of system of protection from the point of view of various models is considered, each of which gives an idea of features of design of system as a whole. The special attention is paid to a problem of creation of an information security system as it has the most difficult structure. Tasks for processes of automation of each of design stages of system of information security of the industrial enterprises are designated. Idea of each of stages of works is given at design of system of protection that allows to understand in the best way internal structure of creation of system of protection. Therefore, it is given the chance of evident submission of necessary requirements to creation of a reliable complex of information security of the industrial enterprise. Thereby it is given the chance of leveling of risks at early design stages of systems of protection, the organization and definition of necessary types of hardware-software complexes for future system.

Ключевые слова: оптимизация, защита информации, информационные системы промышленных предприятий.

Keywords: optimization, information security, information systems of industrial enterprises

© Львович Я.Е., Яковлев Д.С., 2014

Средства автоматизации проектирования широко используются для повышения эффективности разработки сложных систем.

Прогресс в этом направлении достигается при переходе к оптимальному проектированию, позволяющему интегрировать процесс синтеза проектных вариантов с автоматическим или автоматизированным выбором наилучшего варианта на множестве альтернатив. Одним из таких подходов к реализации оптимального проектирования является многоальтернативная оптимизация. В этом случае происходит естественное объединение объектно-ориентированных методов САПР и инвариантных методов выбора рационального проектного решения.

Одной из систем, где при проектировании эффективно совмещаются объектно-ориентированные и инвариантные методы, является система защиты информации. При этом отечественные и зарубежные исследования в большей мере посвящены инвариантным средствам оптимального проектирования, что в полной мере касается и многоальтернативной оптимизации.

Проблема построения оптимальной системы защиты информации в настоящее время является наиболее актуальной и востребованной для большинства промышленных предприятий. Цель любой системы защиты определяется возможностью устойчивого функционирования системы в целом, определения и нейтрализации угроз безопасности, предотвращения утечки информации по различным каналам. Одной из главных задач становится оптимизации проектирования системы защиты.

Сегодня для промышленных предприятий информация представляет собой основной товар для коммерции. С развитием информационных технологий и доступа к рынкам появляется потребность в ее защите для обеспечения ее конфиденциальности, целостности и доступности. Для многих промышленных предприятий внедрение систем защиты является необходимым этапом на пути к успешному развитию, т. к. каждая из них имеет свою критическую информацию, утрата и/или утечка которой может свести к минимуму конкурентоспособность и шансы на успешное развитие на рынке. Распространение такой информации может привести к потере репутации и нанести материальный ущерб.

Следует отметить, что активное внедрение автоматизированных информационных систем обуславливает возникновение проблем,

связанных с информационной безопасностью. Решение данных проблем может быть реализовано с применением специальных автоматизированных программно-технических средств.

Рассмотрим структуру построения системы защиты с точки зрения моделей систем автоматизированного проектирования. Различают функциональную, информационную, поведенческую и структурную модели.

Функциональная модель представлена совокупностью функций, выполняемых системой защиты:

- Предупреждение условий, порождающих дестабилизирующие факторы.
- Предупреждение проявлений дестабилизирующих факторов.
- Обнаружение проявившихся дестабилизирующих факторов.
- Предупреждение воздействия дестабилизирующих факторов на информацию.
- Локализация и ликвидация последствий проявления дестабилизирующих факторов.

Обобщенная информационная модель системы защиты отражает ее состав и взаимосвязи в ней.

Поведенческая модель системы защиты информации характеризуется переходом из нормального состояния в активное, т.е. при обнаружении каких-либо внешних/внутренних воздействий, которые угрожают или могут дестабилизировать функционирование информационной системы, система защиты ликвидирует или минимизирует угрозы безопасности, таким образом, поддерживая целостность и работоспособность системы.

Структурная модель защиты информации характеризует морфологию системы защиты – состав подсистем, их взаимосвязи.

Содержанием последующих этапов нисходящего проектирования являются уточнение перечней приобретаемого оборудования и готовых программных продуктов, построение системной среды, проектирование баз данных и их первоначальное наполнение, разработка собственного оригинального программного обеспечения, которое, в свою очередь, делится на ряд этапов нисходящего проектирования. После этого следуют закупка и установка программно-аппаратных средств, внедрение и опытная эксплуатация системы.

Таким образом, среди проектных задач особое место занимает разработка системы защиты информации, поскольку ее техническое обеспечение имеет сетевую структуру. Необходи-

дим осознанный выбор типов коммутационного оборудования, серверов, сетевых программных продуктов, определение способов защиты передаваемых данных. Возникающие при этом проблемы напрямую связаны с детальным проектированием системы защиты информации.

Следовательно, процесс автоматизации системы защиты информации должен решать две задачи:

1. Оценка существующей системы защиты информации (в случае, если данная система уже внедрена в организации):

- проверка соответствия системы поставленным задачам;
- проверка на соответствие нормативным требованиям;
- апробация системы защиты путем тестирования.

2. Проектирование и внедрение новой системы защиты информации.

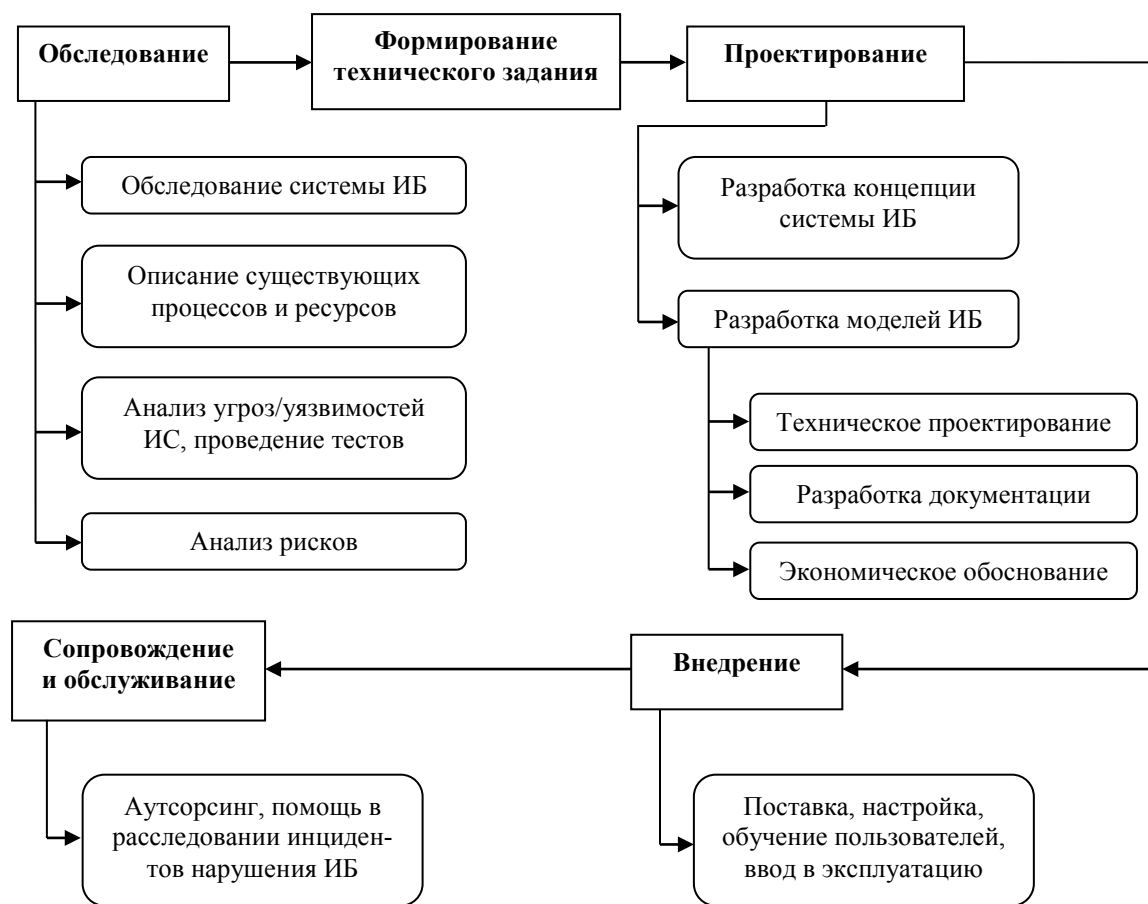


Рисунок 1 - Общая схема этапов работ по построению системы ИБ промышленного предприятия

Общая схема этапов работ по построению системы информационной безопасности включает (рисунок 1) обследование, проектирование, внедрение, сопровождение и обслуживание. Рассмотрим более детально каждый из этапов. На первом этапе происходит:

- анализ информационной системы и ресурсов, входящих в ее состав;
- анализ внешних и внутренних угроз;
- составление перечня защищаемых объектов;

- анализ существующей системы защиты (в случае ее наличия);
- анализ рисков;
- определение критичности информации.

Данный этап позволяет собрать необходимую информацию для построения комплексного подхода к проектированию системы защиты информации. Автоматизировать данный этап представляется возможным благодаря использованию различных программных продуктов, которые содержат описание и градацию угроз безопасности ИС, дают оценку критично-

сти ресурсов и информации, дают наглядное представление ИС в графическом виде, позволяют оценить эффективность выбранной меры защиты для конкретного ресурса.

На втором этапе на основе полученных данных реализуется разработка концепции безопасности (расположение средств защиты согласно проведенному анализу), разработка документации, проведение испытаний. Проведение тестовых испытаний определяет наиболее уязвимые места в спроектированной системе защиты, что позволяет принять превентивные меры по изменению механизмов защиты, логической и функциональной схем.

Автоматизировать данный этап можно с помощью использования программного обеспечения, предназначенного для моделирования помещения, в котором будет установлена система защиты, места расположения и установки ее компонентов, проведение анализа на оптимальное соотношение выбранных средств по критерию «цена-качество», предоставление

предварительного проектного решения в наглядном виде.

На третьем этапе происходит внедрение спроектированной системы, ее настройка, обучение персонала и ввод в эксплуатацию.

Заключительный этап представляет собой сопровождение и обслуживание внедренной системы безопасности. Неотъемлемой частью является поддержание системы защиты в актуальном состоянии на основе анализа возможных модификаций существующих и выявления новых видов угроз безопасности ИС.

Таким образом, представленные в наглядном виде этапы проектирования применительно к системе защиты информации дают возможность для детального рассмотрения и учета необходимых требований к построению надежного комплекса защиты информации промышленного предприятия. Заметим, что такие этапы как «обследование» и «проектирование» требуют более глубокого исследования ввиду их многокритериальности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Львович Я.Е., Михель А.А. Оптимизационное моделирование ресурсоэффективности системы высшего образования по результатам мониторинго-рейтингового оценивания // Экономика и менеджмент систем управления. 2014. Т. 11. № 1.1. С. 144-149.

2 Львович Я.Е., Сахаров Ю.С., Яковлев Д.С. Принятие решений в условиях дестабилизации системы // Вестник Воронежского Института Высоких Технологий. 2013. №11. С. 114-115.

3 Дерканосова А.А., Коротаева А.А. Особенности российского рынка комбикормов и перспективы его развития // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 3 (4). С. 107а-107б.

4. Анализ инновационной привлекательности использования вегетативной массы растений в комбикормах / Шевцов А.А. [и др.] // Вестник Воронежского университета инженерных технологий. 2013. №1. С. 224-226

5 Роль биомодифицированных кормов в повышении качества продукции перепеловодства / Черемушкина И.В. [и др.] // Вестник Воронежской государственной технологической академии. Серия: пищевая биотехнология. 2010. Т. 45. № 3. С. 82-84.

6 Развитие малого инновационного предпринимательства в АПК на основе использования методики форсайта / Василенко В.Н. [и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 2. С. 223-226.

7 Использование системного подхода для повышения экономической эффективности комбикормовой промышленности [Текст] / Василенко В.Н. [и др.] // Финансы Экономика Стратегия. 2010. № 5. С. 50-53.

REFERENCES

1 L'vovich Ya.E., Mixel A.A. Optimization modeling resource efficiency of higher education based on the results of monitoring and evaluation rating. *Ekonomika i menedzhment sistem upravleniya*. [Economics and management control systems], 2014, vol. 11. no.1.1, pp. 144-149. (In Russ.).

2 L'vovich Ja.E., Saharov Ju.S., Jakovlev D.S. Decision-making in terms of destabilizing the system. *Vestnik Voronezhskogo Instituta Vysokih Tehnologij*. [Herald of the Voronezh Institute of High Technologies], 2013. no. 11. pp. 114-115

3 Derkanosova A.A., Korotaeva A.A. Features of the Russian compound feed market and its prospects. *Jekonomika. Innovacii. Upravlenie*

kachestvom. [Economy. Innovation. Quality management], 2013, no. 3 (4), pp. 107a-107b. (In Russ.).

4 Shevtsov A.A., Drannikov A.V., Derkanosova A.A., Korotaeva A.A. Analysis of innovation attractiveness of plants vegetative growth in compound feed. *Vestnik Voronezhskogo universiteta inzhenernyh tehnologij*. [Herald of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2013, no. 1 (55), pp. 224-226. (In Russ.).

5 Cheremushkina I.V., Chigirina N.A., Anohina E.P., Korneeva O.S. Role of the biomodified forages in improvement of quality of production of poultry farming. *Vestnik Voronezhskoj gosudarstvennoj tehnologicheskoy akademii. Serija: pishhevaja biotekhnologija*. [Herald of the Voronezh State Techno-

logical Academy. Series: Food biotechnology], 2010, vol. 45.no. 3. pp. 82-84. (In Russ.).

6 Vasilenko V.N., Bautin V.M., Frolova L.N., Dragan I.V. The development of small innovative enterprises in agriculture based on the use of foresight methods. *Vestnik Voronezhskogo universiteta inzhenernyh tehnologij*. [Herald of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2013, no. 2 (56), pp. 223-226. (In Russ.).

7 Vasilenko V.N., Ostrikov A.N., Frolova L.N., Tatarenkov E.A., Osipov I.P. Using a systematic approach to improve the economic efficiency of the compound feed industry. *Finansy. Jekonomika. Strategija*. [Finance Economy Strategy], 2010, no. 5, pp. 50-53. (In Russ.).

УДК 664.696.2

Профессор Л.В. Антипова, аспирант Ю.В. Воронкова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.

тел. (473) 255-37-51

E-mail: Uliya_rin@mail.ru

Professor L.V. Antipova, graduate Yu.V. Voronkova

(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology of products of an animal origin.

phone (473) 255-37-51

E-mail: Uliya_rin@mail.ru

Пищевые волокна отечественного производства для мясоперерабатывающей промышленности

Food fibres of the domestic production for the meat-processing industry

Реферат. Ассортимент мясных продуктов с пищевыми волокнами может быть достаточно широким. Выбор соответствующего типа волокон или создание смешанного продукта в соответствии с конкретными задачами позволяет разрабатывать продукты, обогащенные волокнами, или продукты с высоким содержанием волокон, которые обладают приятным вкусом. Правильный выбор волокон также дает технологические и экономические преимущества. Конкретные функциональные свойства полисахаридов, очевидно, связаны с их пространственной структурой. Опыт пищевых технологий со всей очевидностью свидетельствует об этом. К числу таких свойств относятся способности загущать водные растворы, образовывать студни, создавать эмульсии, пены, выступать их стабилизаторами, связывать тяжелые металлы и др. Свекольная и пшеничная клетчатки способствуют сохранению сочности и снижению потерь при термообработке, стабилизируют хороший товарный вид готовых изделий из рубленого мяса. Наиболее целесообразно введение их в фаршевые продукты – рубленые полуфабрикаты, паштеты, консервы. Количество пищевых волокон, вносимое в рецептуры продуктов, обуславливается сенсорными свойствами продуктов и может отличаться для различных видов пищевых волокон. С целью повышения качества и расширения ассортимента мясных продуктов изучили свойства пищевых волокон отечественного производства «ECOLIGHT native» (ЗАО «ЭФКО-НТ»). Для оценки возможности использования препаратов в технологии мясных продуктов исследовали микробиологический статус и содержание ионов тяжелых металлов в объектах в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01. Проверка безвредности клетчатки пищевых волокон «ECOLIGHT native» была проведена на биотесте-культуре *Paramecium caudatum*. Для определения условий применения препарата пищевых волокон свекольной клетчатки «ECOLIGHT native» исследовали функционально-технологические и товарные свойства гранул пищевых волокон «ECOLIGHT native», разработали с их применением рецептуры и техническую документацию на производство готовых продуктов.

Summary. The range of meat products with food fibers can be rather wide. The choice of the corresponding type of fibers or creation of a mixed product according to specific objectives allows to develop the products enriched with fibers, or products with the high content of fibers which possess pleasant taste. The right choice of fibers also gives technological and economic advantages. Concrete functional properties of polysaccharides, obviously, are connected with their spatial structure. Experience of food technologies with all evidence testifies to it. Ability to thicken water solutions are among such properties, to form jellies, to create emulsions, foams, to act as their stabilizers, to connect heavy metals, etc. Beet and wheat celluloses promote preservation of juiciness and decrease in losses at heat treatment, stabilize a good trade dress of finished products from chopped meat. Their introduction in minced products – chopped semi-finished products, pastes, canned food is most expedient. The amount of food fibers brought in compounding of products, is caused by touch properties of products and can differ for different types of food fibers. For the purpose of improvement of quality and expansion of the range of meat products studied properties of food fibers of a domestic production of ECOLIGHT native (JSC EFKO-NT). For an assessment of possibility of use of preparations in technology of meat products investigated the microbiological status and the maintenance of ions of heavy metals in objects according to requirements the SanPiN 2.3.2.1078-01. An inspection of harmlessness of cellulose of food fibers "ECOLIGHT native" was carried out on the *Paramecium caudatum* biotest culture. For definition of conditions of application of a preparation of food fibers of beet cellulose "ECOLIGHT native" investigated functional and technological and commodity properties of granules of food fibers "ECOLIGHT native", developed with their application of a compounding and technical documentation on production of ready-made products.

Ключевые слова: полисахариды, пищевые волокна свекольной клетчатки, функционально- технологические свойства.

Keywords: polysaccharides, food fibers of beet cellulose, functional technological properties.

Состояние мясоперерабатывающей промышленности определяется в первую очередь уровнем развития сырьевой базы и степенью платежеспособности населения [7]. Для России характерен растущий спрос на продукты питания, однако потребление ограничивается низким уровнем доходов населения. В общем объеме переработки примерно 30 % мяса отечественного и импортного производства используется для изготовления колбас, около 20 % идет на выпуск полуфабрикатов и консервов.

Производители мяса сталкиваются с проблемой ограниченности кормовой базы для животноводства, которая является актуальной и для России. Недостаточное производство мясного сырья в свою очередь создает проблемы для развития пищевой промышленности. В настоящее время Россия не в состоянии полностью обеспечить себя мясом отечественного производства. Соответственно переход мясоперерабатывающей индустрии на отечественное сырье в ближайшее время невозможен. Можно ожидать, что в ближайшем будущем импортные поставки по-прежнему будут играть существенную роль в обеспечении отечественных предприятий сырьем. Несмотря на это, высокий потенциал российской мясной отрасли и программы правительства, направленные на развитие и поддержку отечественного производителя, позволяют надеяться на позитивные изменения в данном секторе экономики.

Достижения наук о питании и химии полисахаридов открыли новые возможности в использовании углеводов в питании человека. Они оказались весьма полезными как структурные компоненты пищевых систем с высокой физиологической активностью. Неусвояемые полисахариды с равным успехом обеспечивают стабильность пищевых систем и качество готовых продуктов, профилактику и лечение заболеваний за счет активного воздействия на моторику кишечника, значительной сорбционной емкости, способностью набухать в условиях желудочно-кишечного тракта. Препараты не относятся к пищевым добавкам и являются природными.

Целесообразно использование пищевых волокон при изготовлении широкого спектра ливерно-паштетных изделий и мясных баночных консервов. В сырокопченых колбасах уменьшается активность воды, вследствие чего ускоряется процесс сушки и созревания, снижается вероятность закала.

При производстве сосисок, срок хранения которых 3 месяца в замороженном виде, пищевые волокна, клетчатки предотвращают образо-

вание крупных кристаллов льда, которые разрушают мясной белок. В полукопченых, варено-копченых и сырокопченых колбасах в натуральной кишечной и белковой оболочке пищевые волокна-клетчатки способствуют снижению потерь влаги при хранении и стабилизируют консистенцию готовых продуктов.

Свекольная и пшеничная клетчатки способствуют сохранению сочности и снижению потерь при термообработке, стабилизируют хороший товарный вид готовых изделий из рубленого мяса [6].

Конкретные функциональные свойства полисахаридов, очевидно, связаны с их пространственной структурой. Опыт пищевых технологий со всей очевидностью свидетельствует об этом. К числу таких свойств относятся способности загущать водные растворы, образовывать студни, создавать эмульсии, пены, выступать их стабилизаторами, связывать тяжелые металлы и др [3].

Особенностью современной ситуации в мясоперерабатывающей отрасли является большое количество мясного сырья с низкими функционально-технологическими свойствами (ФТС). Прежде всего, это относится к низкой водосвязывающей способности мяса, которая обусловлена рядом причин.

Для решения этой проблемы используются различные пищевые функциональные добавки, корректирующие ФТС мяса. Их применение позволяет вырабатывать продукцию, используя высокожирное мясное сырье, мясо механической дообвалки, мясо птицы и т.п. Однако применение функциональных добавок может иметь и негативные последствия, выражающиеся в отсутствии у производителей и поставщиков стимулов к повышению качества производимого мясного сырья.

Выбор соответствующего типа волокон или создание смесового продукта в соответствии с конкретными задачами позволяет разрабатывать продукты, обогащенные волокнами, или продукты с высоким содержанием волокон, которые обладают приятным вкусом. Правильный выбор волокон также дает технологические и экономические преимущества.

Ассортимент мясных продуктов с пищевыми волокнами может быть достаточно широким. Наиболее целесообразно введение их в фаршевые продукты – рубленые полуфабрикаты, паштеты, консервы. Количество пищевых волокон, вносимое в рецептуры продуктов, обуславливается сенсорными свойствами продуктов и может отличаться для различных видов пищевых волокон [5].

С целью повышения качества и расширения ассортимента мясных продуктов изучили свойства пищевых волокон отечественного производства «ECOLIGHT native» (ЗАО «ЭФ-КО-НТ») и разработали с их применением рецептуры и техническую документацию на производство готовых продуктов.

Для исследования микроструктуры волокон «ECOLIGHT native» отбирали образцы $m=0,1-0,2$ г. Образцы размещались на замораживающем столике санного микроскопа и после замораживания получали среды толщиной 9-10 мкм, которые в последующем исследовали под микроскопом при увеличении $\times 200$ с одновременной фоторегистацией. Микроструктурные исследования свекольной клетчатки показали, что она имеет капиллярно-волоконистую структуру разной длины и толщины [2].

Установлено, что они представлены мощными волокнами, ориентированными в разных направлениях, волокна имеют выраженное капиллярное строение, что позволяет удерживать воду за счет ионогенных функциональных групп не только с внешней стороны, но и с внутренней.

Для оценки возможности использования препаратов в технологии мясных продуктов исследовали микробиологический статус и содержание ионов тяжелых металлов в объектах в соответствии с требованиями СанПиН 2.3.2.1078-01 [4]. Данные представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Микробиологический статус препарата
«ECOLIGHT native»

Наименование показателей	Характеристика
КМАФАнМ, КОЕ/ 0,1 г не более	30
Плесени, КОЕ/ 0,1 г, не более	отсутствие
Патогенные микроорганизмы (сальмонеллы), в 25 г	отсутствие
Афлатоксины	отсутствие
БГКП (колиформы) в 0,1 г	отсутствие
Пестициды и фунгициды, мг/кг	<0,002

Проверка безвредности клетчатки пищевых волокон «ECOLIGHT native» была проведена на биотесте-культуре *Paramecium caudatum*.

Т а б л и ц а 2

Оценка биологической активности пищевых волокон свекольной клетчатки «ECOLIGHT native»

Наименование препарата	Индекс биологической активности в разведении				
	1:100	1:1000	1:10000	1:100000	1:1000000
«ECOLIGHT native»	1,073	1,054	1,000	1,000	1,000

По данным таблицы 2 видно, что препараты не проявляют значительной биологической активности, что может быть связано с трудной перевариваемостью клетчатки и, следовательно, клетчатка «ECOLIGHT native» не обладает мутагенным и общетоксическим действием, что совпадает с мнением большинства специалистов.

Таким образом, оценка безопасности положительно характеризует препарат для применения в технологии мясных продуктов, т.к. он соответствует установленным требованиям.

Для определения условий применения препарата пищевых волокон свекольной клетчатки «ECOLIGHT native» исследовали функционально-технологические и товарные свойства [1].

Сводная информация и среднестатистические данные приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Характеристика препарата пищевых волокон
«ECOLIGHT native» на основе свекольной клетчатки

Наименование показателей	Характеристика
Физические данные:	
водосвязывающая способность, %	65,2
водоудерживающая способность, %	83,5
жироудерживающая способность, %	70,2
набухаемость, мл/г	2
Органолептические характеристики:	
внешний вид, консистенция	однородный продукт
вкус	обезличенный
запах	без запаха
цвет	белый или с оттенком желтого

Из данных таблицы 3 видно, что препарат обладает высокой водосвязывающей, водоудерживающей и жирудерживающей способностью и поэтому перспективен для применения в мясных системах, представляющих собой эмульсии типа вода-белок-жир.

Нейтральные органолептические свойства также положительно характеризуют препарат для применения в мясной промышленности.

На последнем этапе работы нами были проведены экспериментальные исследования,

направленные на создание функциональных, профилактических мясных продуктов, что связано с разработкой научно-обоснованных рецептов и модификаций технологического процесса производства ввиду применения нового препарата пищевых волокон на основе свекольной клетчатки.

На основании проведенных экспериментов предложены и апробированы 3 рецептуры новых видов колбасных изделий.

ЛИТЕРАТУРА

1 Антипова Л.В., Глотова И.А., Рогов И.А. Методы исследования мяса и мясных продуктов. М.: КолосС, 2004. 571 с.

2 Антипова Л.В., Рогов И.А., Дунченко Н.И., Жеребцов Н.А. Химия пищи. Книга 1: Белки: структура, функции, роль в питании: учебник для вузов. М.: Колос, 2000. 384 с.

3 Антипова Л.В., Глотова И.А., Жаринов А.И. Прикладная биотехнология. СПб.: ГИОРД, 2003. 288 с.

4 Антипова Л.В., Безрядин Н.Н., Титов С.А. Практикум по физическим методам контроля сырья и продуктов в мясной промышленности. Воронеж: ВГТА, 2004. 92 с.

5 Антипова Л.В., Архипенко А.А., Кульпина А.Л. Комбинированные мясные продукты с использованием добавок отечественного производства // Вестник РАСХН. 1998. №4. С. 73-75.

6 Роль пищевых волокон в питании [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pischevie-voлокna.ru> (30 марта 2014 г.)

7 Рынок мяса и мясных продуктов в России: состояние и тенденции развития [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://sfera.fm>. (30 марта 2014 г.)

REFERENCES

1 Antipova L.V., Glotova I.A., Rogov I.A. Metody issledovaniia miasa i miasnykh produktov [Methods of researches of meat and meat products]. Moscow, Kolos, 2001. 576 p. (In Russ.).

2 Antipova L.V., Rogov I.A., Dunchenko N.I., Zherebtsov N.A. Khimiia pishchi. Kniga 1: Belki: struktura, funktsii, rol' v pitanii [Food chemistry. Book 1: Proteins: structure, functions, role in food]. Moscow, Kolos, 2000, 384 p. (In Russ.).

3 Antipova L.V., Glotova I.A., Zharinov A.I. Prikladnaia biotekhnologiya [Applied biotechnology]. St. Petersburg, GIOR, 2003, 288 p. (In Russ.).

4 Antipova L.V., Bezriadin N.N., Titov S.A. Praktikum po fizicheskim metodam kontrolya Syria i produktov v miasnoi promyshlennosti [Workshop on physical control methods of raw materials and products in the meat industry]. Voronezh, VGTA, 2004, 92 p. (In Russ.).

5 Antipova L.V., Arkhipenko A.A., Kul'pina A.L. The combined meat products with use of additives of a domestic production. *Vestnik RASKhN*. [Messenger of Russian Academy of Agrarian Sciences], 1998, no. 4, pp. 73-75. (In Russ.).

6 Rol' pishchvykh volokon v pitanii [Role of food fibers in food]. Available at: <http://www.pischevie-voлокna.ru> (Accessed 30 March 2014). (In Russ.).

7 Rynok miasa i miasnykh produktov v Rossii: sostoianie i tendentsii razvitiia [The market of meat and meat products in Russia: state and development tendencies]. Available at: <http://sfera.fm>. (Accessed 30 March 2014). (In Russ.).

УДК 664.144

Профессор Г.О. Магомедов, доцент А.А. Журавлев,
доцент Т.А. Шевякова, студентка Д.В. Седых
(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 A.A. Zhuravlev,
associate Professor T.A. Sheviakova, student D.V. Sedykh
(Voronezh s state university of engineering technology) Department of technology
of baking, confectionery, macaroni and grain processing productions.
phone (473) 255-38-51
E-mail: 209777@mail.ru

Использование функции Харрингтона для оптимизации рецептурного состава батончиков типа пралине

Use of function of Harrington for optimization of prescription structure bars like a praline

Реферат. Производство и потребление сахаристых кондитерских изделий занимает лидирующие позиции как в России, так и по всему миру в целом. Высокая сахароемкость, себестоимость, низкое содержание важных биологически активных веществ - витаминов, микро- и макроэлементов, пищевых волокон, является существенным недостатком этих изделий. В решении данной проблемы важную роль играет применение брака леденцовой карамели (карамельного порошкообразного полуфабриката) и продукта растительного сырья повышенной пищевой ценности - жмыха из амаранта. Проведена оптимизация рецептурного состава батончиков типа пралине на основе карамельного порошкообразного полуфабриката и жмыха из амаранта с использованием функции Харрингтона. В разработанных батончиках увеличивается количество белка в 3,32 раза; снижается сахароемкость в 1,33 раза; изделия обогащаются витаминами, минеральными веществами (кальцием в 4,25 раза; фосфором в 3,7 раза; железом в 9,60 раз) и пищевыми волокнами в 3,77 раза. Годовой экономический эффект от внедрения технологии батончиков на основе карамельного порошкообразного полуфабриката и жмыха амаранта при выработке 1 т составит 9100 руб.

Summary. Production and consumption sugary confectionery products takes leading positions as in Russia, and worldwide as a whole. The high sugar content, prime cost, the low content of important biologically active agents - vitamins, micro- and macronutrients, food fibers, is an essential lack of these products. In the solution of this problem an important role is played by application of marriage of candy caramel (a caramel powdery semi-finished product) and a product of vegetable raw materials of the raised nutrition value - cake from an amaranth. Optimization of prescription structure of bars like a praline on the basis of a caramel powdery semi-finished product and cake from an amaranth with Harrington function use is performed. In the developed bars the amount of protein by 3,32 times increases; the sugar content by 1,33 times decreases; products are enriched with vitamins, mineral substances (calcium by 4,25 times; phosphorus by 3,7 times; iron by 9,60 times) and food fibers by 3,77 times. Annual economic effect of introduction of technology of bars on the basis of a caramel powdery semi-finished product and amaranth cake at development of 1 t will make 9100 rub.

Ключевые слова: батончики типа пралине, карамельный порошкообразный полуфабрикат, жмых из амаранта.

Keywords: bars like a praline, a caramel powdery semi-finished product, amaranth cake.

Производство и потребление сахаристых кондитерских изделий занимает лидирующие позиции как в России, так и по всему миру в целом. На сегмент сахаристой кондитерской продукции в 2012 году приходилось более 50 % рынка. Высокая сахароемкость, себестоимость, низкое содержание важных биологически активных веществ - витаминов, микро- и макроэлементов, пищевых волокон, является существенным недостатком этих изделий. В решении данной проблемы важную роль играет применение брака леденцовой карамели (карамельного порошкообразного полуфабриката) и продукта растительного сырья повышенной

пищевой ценности - жмыха из амаранта [1].

В процессе производства леденцовой карамели на кондитерских фабриках появляется брак, который можно перерабатывать в карамельный порошок. Возможное использование брака леденцовой карамели не только сокращает затраты на дорогостоящее сырье (сахар-песок, патока), снижает себестоимость, но и позволяет получать изделия с совершенно новыми свойствами, тем самым расширяя ассортимент вырабатываемой продукции кондитерских изделий.

© Магомедов Г.О., Журавлев А.А.,
Шевякова Т.А., Седых Д.В., 2014

При огромном дефиците полноценного белка в питании амарант имеет большое значение как перспективная высокобелковая культура. Семена амаранта содержат до 15-17 % белка со сбалансированным аминокислотным составом, состоящего в основном из водорастворимых белков (альбуминов), и с практически полным отсутствием клейковинообразующих, что предопределяет возможность использования продуктов из семян амаранта для питания больных целиакией (непереносимостью глютена).

При извлечении масла из семян амаранта CO₂-экстракцией остается жмых или шрот – обезжиренная их часть. Происходящая в процессе прессования температурная обработка уменьшает активность ингибитора трипсина в 2 раза, что повышает питательную биологическую ценность жмыха амаранта.

Амарантовый жмых обладает высокой пищевой ценностью, сбалансированным аминокислотным и уникальным биохимическим составом, в частности, по содержанию мощных антиоксидантов, таких как – сквален (до 8 %), витамин Е (до 0,6 %), минеральных веществ (кальция, магния, железа, цинка, селена), клетчатки (12 %), пектина (до 15 %) [2].

Целью исследований является оптимизация рецептурного состава батончиков типа пралине на основе карамельного порошкообразного полуфабриката и жмыха из амаранта с использованием функции Харрингтона.

В работе исследовали 6 образцов батончиков типа пралине, приготовленных на основе карамельного порошкообразного полуфабриката (КПП) с добавлением жмыха из амаранта: 1 – контроль (батончик на основе сахарной пудры); 2 – батончик на основе КПП-100 %; 3 – батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 75:25; 4 – батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 50:50; 5 – батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 25:75; 6 – батончик на основе жмыха из амаранта 100 %. Внесение нетрадиционных видов сырья проводили взамен сахарной пудры по рецептуре конфеты «Парус». Соотношение КПП и жмыха из амаранта в рецептуре батончиков определено по результатам пробных лабораторных исследований на основании анализа органолептических и физико-химических показателей качества [3].

Предварительный анализ показал, что оценить качество исследуемых образцов батончиков типа пралине каким-либо одним показателем не представляется возможным. В связи с этим в качестве параметров оптимизации были приняты следующие показатели: y_1 – пластическая прочность кондитерской массы, кПа; y_2 – удельное усилие резания кондитерского жгута, кН/м²; y_3 – эффективная вязкость кондитерской массы, Па·с; y_4 – антиоксидантная активность, %; y_5 – биологическая ценность, % (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Значения функции желательности каждого параметра оптимизации для образцов батончиков на основе карамельного порошкообразного полуфабриката (КПП) с добавлением жмыха из амаранта

№ п/п	Образец	Пластическая прочность, кПа		Удельное усилие резания, кН/м ²		Эффективная вязкость, Па·с		Антиоксидантная активность		Биологическая ценность, %	
		y_1	d_1	y_2	d_2	y_3	d_3	y_4	d_4	y_5	d_5
1	Контроль (батончик типа пралине на сахарной пудре)	19,82	0,37	27,68	0,98	14,92	0,98	16,22	0,68	51,41	0,37
2	Батончик на основе КПП 100 %	49,30	0,98	50,81	0,37	17,80	0,37	13,47	0,37	51,41	0,37
3	Батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 75:25	42,50	0,95	49,08	0,47	16,40	0,87	17,23	0,76	73,53	0,95
4	Батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 50:50	35,47	0,87	37,40	0,90	15,63	0,95	20,14	0,90	80,2	0,98
5	Батончик на основе КПП и жмыха из амаранта при соотношении 25:75	28,50	0,71	30,95	0,96	15,30	0,97	22,19	0,95	81,71	0,98
6	Батончик на основе жмыха из амаранта 100 %	23,62	0,52	24,50	0,97	15,08	0,98	25,51	0,98	85,28	0,98

Нельзя говорить о превосходстве одного или нескольких образцов батончиков сразу по всем параметрам оптимизации. Так, например, по увеличению пластической прочности масс пралине можно расположить в следующем порядке: 1, 6, 5, 4, 3 и 2; по увеличению антиоксидантной активности: 2, 1, 3, 4, 5, 6. Кроме того, некоторые параметры оптимизации «находятся в конфликте» друг с другом. Таким образом, для выбора образцов, сочетающих оптимальные значения параметров оптимизации, необходимо применить комплексную оценку качества. При этом многокритериальная задача оптимизации должна быть сведена к однокритериальной.

Одним из комплексных показателей качества является обобщенная функция желательности, предложенная Харрингтоном, которая представляет собой среднее геометрическое частных функций желательности

$$D = \sqrt[q]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_q} \quad (1)$$

где $d_1, d_2, \dots, d_q$ – желательный уровень (частная функция желательности) 1-го, 2-го и т.д. параметра оптимизации (изменяется от 0 до 1); q – число параметров оптимизации [4, 5].

Зависимость (1) позволяет заменить несколько параметров оптимизации одним.

На параметры оптимизации были наложены следующие односторонние ограничения: $y_1 \geq 19$ кПа; $y_2 \leq 52$ кН/м²; $y_3 \geq 14$ Па·с; $y_4 \geq 13$; $y_5 \geq 50$ %. При этом условия оптимизации представлены в виде $y_1, y_3, y_4, y_5 \rightarrow \max$ и $y_2 \rightarrow \min$.

В случае односторонних ограничений на параметры оптимизации частная функция желательности d_i имеет известный вид (рисунок 1):

$$d_i = \exp \left[-\exp \left(-y_i' \right) \right] \quad (2)$$

где y_i' – некоторая безразмерная величина, связанная с параметром оптимизации y_i линейным законом:

$$y_i' = b_0 + b_1 y_i \quad (3)$$

где b_0, b_1 – коэффициенты, которые можно определить, если для двух значений параметра оптимизации y_i задать соответствующие значения частной функции желательности.

Для определения коэффициентов b_0, b_1 был использован следующий прием: худшему значению параметра оптимизации y_i присваивали значение желательности, равное 0,37, а лучшему – значение желательности, равное 0,98 (таблица 1, рисунок 1).

Для параметра оптимизации y_1 , согласно уравнению (2), имеем:

$$0,37 = \exp \left[-\exp \left(-y_1' \right) \right], \text{ отсюда } y_1' = 0;$$

$$0,98 = \exp \left[-\exp \left(-y_1' \right) \right], \text{ отсюда } y_1' = 3,922$$

Согласно (3) для параметра оптимизации y_1 имеем систему уравнений для определения коэффициентов b_0, b_1 :

$$\begin{cases} b_0 + b_1 \cdot 19,82 = 0 \\ b_0 + b_1 \cdot 49,30 = 3,922 \end{cases}$$

где 19,82 – худшее значение параметра оптимизации y_1 , зафиксированное для образца 1; 49,30 – лучшее значение пластической прочности массы пралине, достигнутое в образце 2 (табл. 1).

Решая систему, находим: $b_0 = -2,64$ и $b_1 =$

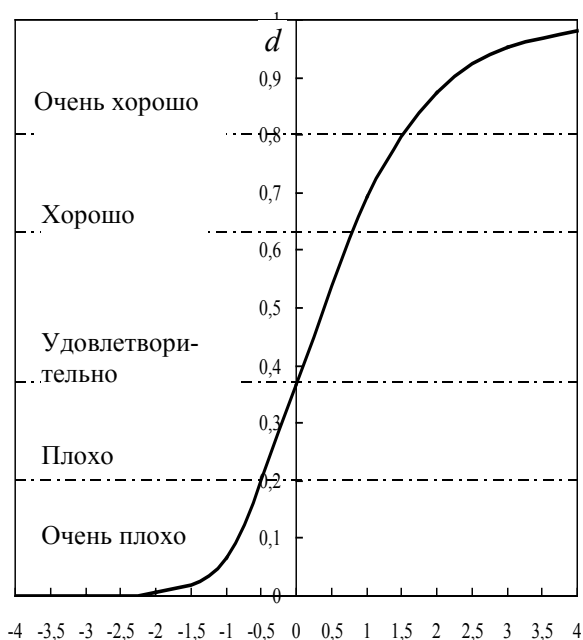


Рисунок 1. Частная функция желательности для одностороннего ограничения [5]

Аналогично найдены значения коэффициентов для остальных параметров оптимизации (таблица 2).

Таблица 2
К расчету коэффициентов уравнения (3)

Параметр оптимизации	y_i	d_i	y_i'	b_0	b_1
y_1	19,82	0,37	0	-2,64	0,13
	49,3	0,98	3,922		
y_2	50,81	0,37	0	8,62	-0,17
	27,68	0,98	3,922		
y_3	17,80	0,37	0	24,24	-1,36
	14,92	0,98	3,922		
y_4	13,47	0,37	0	-4,39	0,33
	25,51	0,98	3,922		
y_5	51,41	0,37	0	-5,95	0,12

	85,28	0,98	3,922		
--	-------	------	-------	--	--

Таким образом, частные функции желательности принимают вид:

$$\begin{aligned}d_1 &= \exp[-\exp(2,64 - 0,047y_1)]; \\d_2 &= \exp[-\exp(-8,62 + 0,17y_2)]; \\d_3 &= \exp[-\exp(-24,24 + 1,36y_3)]; \\d_4 &= \exp[-\exp(4,39 - 0,33y_4)]; \\d_5 &= \exp[-\exp(5,95 - 0,12y_5)].\end{aligned}$$

Значения частных функций желательности для всех рассмотренных образцов батончиков представлены в таблице 1.

Обобщенная функция желательности рассчитана по формуле (1), ранжирование образцов в порядке убывания значения обобщенной функции желательности представлено на рисунке 2.

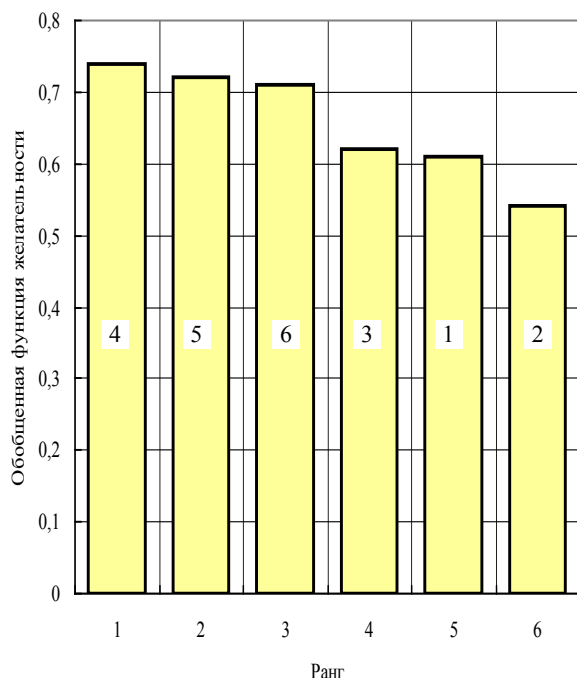


Рисунок 2. Ранжирование образцов батончиков типа пралине в порядке убывания значения обобщенной функции желательности

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Шмалько Н. А., Росляков Ю.Ф. Амарант в пищевой промышленности. Краснодар: Просвещение – Юг, 2011. 489 с.
- 2 Магомедов Г.О., Плотникова И.В., Олейникова А.Я., Шевякова Т.А. и др. Жмых амаранта - перспективное сырье в производстве печенья повышенной пищевой ценности // Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с

Наихудшим следует признать батончик, приготовленный на карамельном порошкообразном полуфабрикате с содержанием его 100 % (образец 2), который характеризовался наиболее плохим набором частных параметров оптимизации и наименьшим значением обобщенной функции желательности.

Наибольшее значение обобщенной функции желательности имеет образец 4 (батончик на основе карамельного порошкообразного полуфабриката с добавлением жмыха из амаранта (50:50)), так как ему принадлежит лучший набор всех частных параметров оптимизации (рисунок 2).

Образцы 5, 6 обладают близкими значениями обобщенной функции желательности к образцу 4. Однако образец 6 (батончик с 100 % содержанием жмыха из амаранта) уступает образцу 5 (батончик на основе карамельного порошкообразного полуфабриката с добавлением жмыха из амаранта при соотношении 25:75) по органолептическим показателям: был отмечен горьковатый привкус и ярко выраженный амарантовый запах.

На основании проведенных исследований разработана рецептура батончиков: «Крепыш» на основе карамельного порошкообразного полуфабриката с добавлением жмыха из амаранта (50:50).

Также установлено, что в разработанных батончиках «Крепыш» увеличивается количество белка в 3,32 раза; снижается сахароемкость в 1,33 раза; изделия обогащаются витаминами, минеральными веществами (кальцием в 4,25 раза; фосфором в 3,7 раза; железом в 9,60 раз) и пищевыми волокнами в 3,77 раза. Годовой экономический эффект от внедрения технологии батончиков на основе карамельного порошкообразного полуфабриката и жмыха амаранта при выработке 1 т составит 9100 руб.

Предложенную технологию батончиков типа пралине можно рекомендовать предприятиям кондитерской отрасли для внедрения и выпуска продукции на современных поточно-механизированных линиях.

международным участием.- 22-24 мая 2013 г. Бийск: БТИ АлтГТУ, 2013. С. 398-401.

- 3 Шевякова Т.А., Журавлев А.А., Седых Д.В. Экспериментальное исследование резания батончиков типа пралине // Международная научно-техническая конференция (заочная) «Инновационные технологии в пищевой промышленности: наука, образование и производство» 3-4 декабря 2013 г. Воронеж: ВГУИТ, 2013. С. 423-426.

4 Плотникова И.В., Журавлев А.А., Олейникова А.Я., Шевякова Т.А. и др. Оптимизация рецептуры мини-зефира на желатине с гуммиарабиком // Кондитерское производство. 2013. № 5. С. 10-11.

5 Дерканосова Н.М., Журавлев А.А., Сорокина И.А. Моделирование и оптимизация технологических процессов пищевых производств. Практикум: учеб. пособие. Воронеж: ВГТА, 2011. 196 с.

REFERENCES

1 Shmal'ko N. A., Rosliakov Iu.F. Amarant v pishchevoi promyshlennosti [Amarant in the food industry]. Krasnodar, Prosveshchenie-Iug, 2011. 489 p. (In Russ.).

2 Magomedov G.O., Plotnikova I.V., Oleinikova A.Ia., Sheviakova T.A. et al. Amaranth cake - perspective raw materials in production of cookies of the raised nutrition value. Materialy VI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh s mezhdunarodnym uchastiem [Materials VI of the All-Russian scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists with the international participation]. Biisk, BTI AltGTU, 2013. pp. 398-401. (In Russ.).

3 Sheviakova T.A., Zhuravlev A.A., Sedykh D.V. Pilot study of cutting of bars like a praline. Mezhdunarodnaia nauchno-tehnicheskaya konferentsiya "Innovatsionnye tekhnologii v pishchevoi promyshlennosti: nauka, obrazovanie i proizvodstvo" [International scientific and technical conference (correspondence) "Innovative technologies in the food industry: science, education and production"]. Voronezh, VGUI, 2013. pp. 423-426. (In Russ.).

4 Plotnikova I.V., Zhuravlev A.A., Oleinikova A.Ia., Sheviakova T.A. Optimization of a compounding of a mini-zephyr on gelatin with arabic gum. *Konditerskoe proizvodstvo*. [Confectionery production], 2013, no. 5, pp. 10-11. (In Russ.).

5 Derkanosova N.M., Zhuravlev A.A., Sorokina I.A. Modelirovanie i optimizatsiya tekhnologicheskikh protsessov pishchevykh proizvodstv [Modeling and optimization of technological processes of food productions. Practical work]. Voronezh: VGTA, 2011. 196 p. (In Russ.).

УДК 637.143.6

Профессор Л.В. Голубева, доцент О.И. Долматова,
аспирант А.А. Губанова, студент Е.В. Савельева

(Воронеж гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.
тел. (473) 255-37-51

E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Professor L.V. Golubeva, associate Professor O.I. Dolmatova,
graduate A.A. Gubanova, student E.V. Savel'eva

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of animal
origin products technology.

phone (473)255-37-51

E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Разработка технологии топленого масла

Melted butter technology development

Реферат. Топленое масло изготавливается из сливочного масла вытапливанием жировой фазы. Оно обладает специфическим вкусом и ароматом, высокой калорийностью и хорошей усвояемостью. Пороки масла, проявившиеся при его хранении, вызываются развитием микробиологических процессов или химическим окислением. На развитие указанных процессов влияют качество и состав свежего масла, его физическая структура, содержание повышенного количества газовой фазы и солей тяжелых металлов, условия хранения. Микробиологическая порча масла происходит, в основном, вследствие порчи плазмы, являющейся хорошей средой для развития микрофлоры. К порокам микробиологического происхождения относятся: нечистый вкус, кислый, плесневелый, дрожжевой, сырный, горький. Пороки вкуса и запаха химического происхождения образуются вследствие гидролитического расщепления липидов. Преобладают при длительном хранении масла в условиях минусовых температур. Выделяют следующие основные процессы порчи: прокисание, прогоркание и осаливание. Часто указанные процессы протекают одновременно. Проведена работа по созданию топленого масла с лактатсодержащей добавкой. Последняя повышает микробиологическую и токсикологическую безопасность, пролонгирует сроки хранения продуктов. Технологическая эффективность добавки достигается за счет формирования в продуктах мультислойа из неактивной связанной воды, препятствующего росту микроорганизмов, и барьерного слоя с лактатами, тормозящими протекание гидролитических реакций. Образцы масел выработаны на маслоизготовителе периодического действия и перетоплены, в топленое масло внесена лактатсодержащая добавка. Изучены органолептические и физико-химические показатели выработанных образцов масла топленого. Изучен жирно-кислотный состав топленого масла. Сравнительный анализ жирно-кислотного состава молочного жира коровьего молока и выработанного топленого масла показал их сходство. Также в последнем наблюдается повышенная массовая доля линолевой и линоленовой кислот. Полученные экспериментальные данные по маслу топленому позволяют сделать вывод о его высоком качестве.

Summary. Melted butter is made from dairy butter by rendering the fat phase. It has specific taste and aroma, high-calorie content and good assimilability. Defects of butter which appeared during the storage causes by the development of microbiological processes or by the chemical oxidation. On the development of these processes influence quality and composition of fresh butter, its physical structure, content of the increased amount of gas phase and content of heavy metals, storage conditions. Microbiological spoilage of butter occurs generally due to damage of plasma which is good environment for the development of microorganisms. Defects of microbiological origin include: unclean, sour, moldy, yeasty, cheesy, bitter taste. Defects of test and smell chemical origin are formed due to hydrolytic digestion of lipids. It's prevailed at long storage of butter in the conditions of freezing temperatures. It's picked out the following main processes of spoiling: souring, acidifying and sallowness. Often these processes take place simultaneously. It has been investigated melted butter with lactated additive. The latter improves the microbiological and toxicological safety, prolongs the storage condition of the products. Technological efficiency of the additives is achieved by a multilayer products formation from the inactive bound water, preventing microorganisms growth and by the barrier layer with lactate inhibiting hydrolytic reactions. Oil samples were obtained with the batch-type butter maker application, then they were melted and after that lactated additive were supplemented. It has been studied organoleptic and physico-chemical indices of the melted butter samples. The fatty-acid composition of melted butter were studied. Comparative analysis of fatty-acid composition of cow's milk fat and produced melted butter has shown their similarity. Also in the last sample there is increased weight fraction of linoleic and linolenic acids. The obtained experimental data for melted butter allow to conclude about its high quality.

Ключевые слова: топленое масло, технология, лактатсодержащая добавка.

Keywords: melted butter, technology, lactated additive.

© Голубева Л.В., Долматова О.И.,
Губанова А.А., Савельева Е.В., 2014

Топленое масло изготавливается из сливочного масла вытапливанием жировой фазы. Оно обладает специфическим вкусом и ароматом, высокой калорийностью и хорошей усвояемостью.

Топленое масло имеет преимущество по сравнению со сливочным маслом и сливками, так как оно обладает хорошей стойкостью при хранении, более низкой стоимостью перевозок и занимает меньшую складированную площадь. Оно широко применяется в кондитерской промышленности, в домашнем хозяйстве.

Пороки масла, проявившиеся при его хранении, вызываются развитием микробиологических процессов или химическим окислением.

На развитие указанных процессов влияют качество и состав свежего масла, его физическая структура, содержание повышенного количества газовой фазы и солей тяжелых металлов, условия хранения (температура и относительная влажность воздуха, условия фасования и качество упаковочных материалов, воздействие света).

Микробиологическая порча масла происходит, в основном, вследствие порчи плазмы, являющейся хорошей средой для развития микрофлоры. К порокам микробиологического происхождения относятся: нечистый вкус, кислый, плесневелый, дрожжевой, сырный, горький (прогорклый).

Пороки вкуса и запаха химического происхождения образуются вследствие гидролитического расщепления липидов. Преобладают при длительном хранении масла в условиях минусовых температур. Выделяют следующие основные процессы порчи: прокисание, прогоркание и осаливание. Часто указанные процессы протекают одновременно.

Анализ литературных источников показал, что на хранимособность масла оказывают положительное влияние дополнительно вносимые компоненты.

Так, например, известен способ производства топленого масла (патент № 2400095) с добавлением морковного порошка, который позволяет получить продукт с повышенной биологической ценностью и увеличенным сроком хранения.

Рекомендовано в качестве антиоксиданта для сливочного масла (патент № 2325064) использовать компоненты природного происхождения: токоферолы, флавоноиды, каротиноиды, аскорбиновую кислоту и др.

Существует способ стабилизации жиров, масел, ненасыщенных соединений и содержащих их продуктов (патент № 2109803), позволяющий значительно повысить эффективность действия антиоксидантов. Этот эффект достигается за счет того, что синергическая смесь,

используемая в способе, содержит в качестве органического антиоксиданта соединение, выбранное из группы, включающей производные ароматического оксиамины, аминифеноксисилана, гидроксифенола, фенилендиамина, хинонимина, гидрохинона, аскорбиновой кислоты, а в качестве синергиста - этаноламида жирных кислот.

Авторами проведены исследования по изучению хранимособности целого ряда молочных, молокосодержащих и масложировых продуктов [1 - 5].

Представляет интерес использование для повышения хранимособности масла топленого лактатсодержащей добавки.

К числу разрешенных к применению в пищевой промышленности относится целый ряд индивидуальных лактатсодержащих добавок, на производство которых разработана нормативная и техническая документация. Лактатсодержащие пищевые добавки обладают уникальным сочетанием физико-химических, биохимических и функционально-технологических свойств. Наиболее значимыми среди индивидуальных лактатсодержащих пищевых добавок являются молочная кислота, лактаты натрия, калия и кальция.

Вносимая лактатсодержащая добавка повышает микробиологическую и токсикологическую безопасность, пролонгирует сроки хранения продуктов. Технологическая эффективность добавки достигается за счет формирования в продуктах мультислой из неактивной связанной воды, препятствующего росту микроорганизмов, и барьерного слоя с лактатами, тормозящими протекание гидролитических реакций.

Образцы масел выработаны на маслоизготовителе периодического действия и перетоплены, в масло внесена лактатсодержащая добавка.

Перетопку проводили по технологической схеме, представленной на рисунке 1.

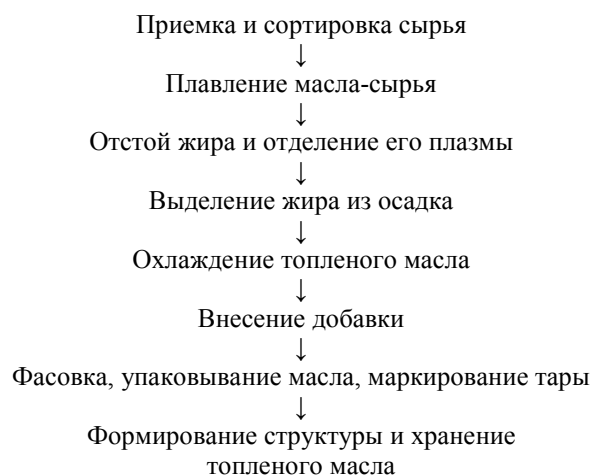


Рисунок 1. Технологическая схема производства топленого масла

Органолептические показатели выработанных образцов масла топленого представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Органолептические показатели масла топленого

Наименование показателя	Характеристика
Вкус и запах	Выраженный, характерный для вытопленного молочного жира, без посторонних привкусов и запахов
Консистенция при (12±2) °С	Плотная, однородная; для продукта в расплавленном виде - прозрачная, без осадка
Цвет	Желтый, однородный по всей массе

Физико-химические показатели исследуемых образцов масла топленого представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Физико-химические показатели масла топленого

Наименование показателя	Значение
Массовая доля жира, %	99
Массовая доля влаги, %	1
Кислотность жировой фазы, °К	1,3

Микробиологические показатели образцов топленого масла представлены в таблице 3.

Жировая фаза топленого масла и молочного жира должна содержать только молочный жир коровьего молока. Жирно-кислотный состав молочного жира должен соответствовать ГОСТ Р 52253.

Жирно-кислотный состав продукта имеет большое значение при оценке его качества и прогнозировании дальнейших изменений жирового компонента [6 - 8].

Т а б л и ц а 3

Микробиологические показатели масла топленого

Наименование показателя	Значение
Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), КОЕ в 1 г продукта, не более	1,0·10
Масса продукта, г, в которой не допускаются	
БГКП (колиформы)	1,0
Патогенные (в т.ч. сальмонеллы)	25,0
Плесневые грибы, КОЕ/г, не более	200

Жирные кислоты молочного жира имеют большое физиологическое значение. Летучие жирные кислоты масляная, капроновая, каприловая и пеларгоновая обладают антитуберкулезными, антилепрозными свойствами и тормозят развитие грибов. Олеиновая кислота заменяет биотин. Высококонечные жирные кислоты линолевая, линоленовая и арахидоновая являются необходимыми в питании, их недостатки вызывают общее ослабление тканей организма, нарушение структуры оболочек клеток, сердечные заболевания и др. Кроме того, биологическая ценность масла обусловлена присутствием жирорастворимых витаминов А и Е.

Изучен жирно-кислотный состав топленого масла (таблица 4).

Т а б л и ц а 4

Жирно-кислотный состав топленого масла

Наименование жирной кислоты	Массовая доля жирной кислоты, % от суммы жирных кислот
Масляная	2,25
Капроновая	2,17
Каприловая	1,07
Пеларгоновая	0,03
Каприновая	2,70
Ундекановая	0,30
Лауриновая	2,85
Тридекановая	0,15
Миристиновая	8,50
Пентадекановая	2,31
Пальмитиновая	23,51
Пальмитолеиновая	2,94
Маргариновая	1,04
Стеариновая	9,84
Олеиновая	33,44
Линолевая	4,34
Линоленовая	2,56

Сравнительный анализ жирно-кислотного состава молочного жира коровьего молока по ГОСТ Р 52253 и выработанного топленого масла показал их сходство. Также в последнем наблюдается повышенная массовая доля линолевой и линоленовой кислот.

Полученные экспериментальные данные по маслу топленому позволяют сделать вывод о его высоком качестве.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Голубева Л.В., Долматова О.И., Грачева Н.А., Головин Е.В. К вопросу о хранимостпособности молокосодержащего напитка «Молоко полезное» // Вестник ВГУИТ. 2008. № 3. С. 96-99.
- 2 Голубева Л.В., Долматова О.И., Бочарова Е.И., Долматова Ж.С. Изучение хранимостпособности молокосодержащего продукта сметанного типа // Вестник ВГУИТ. 2012. № 4 (54). С. 90-91.
- 3 Голубева Л.В., Долматова О.И., Кондусова Л.А., Гунькова Е.В. и др. К вопросу о повышении хранимостпособности спреда // Пищевая промышленность. 2013. № 11. С. 46-47.
- 4 Голубева Л.В., Долматова О.И., Тарасова А.Ю., Кондусова Л.А. и др. Инновационные технологии в производстве спредов // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 2 (3). С. 28-33.
- 5 Голубева Л.В., Долматова О.И., Смольский Г.М., Бочарова Е.И. Фруктозо-глюкозный сироп «Одуванчиковый» // Пищевая промышленность. 2010. № 8. С. 28-29.
- 6 Голубева Л.В., Долматова О.И., Гриценко В.И., Гриценко Т.С. Определение жирнокислотного состава молочных продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 11. С. 57-59.
- 7 Голубева Л.В., Долматова О.И., Стремилова О.Б., Бочарова Е.И. Влияние немолочных жиров на качество новых молокосодержащих продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 4. С. 49-50.
- 8 Голубева Л.В., Долматова О.И., Крысан О.Г., Самойлова М.А. Изменения жирового компонента в молокосодержащем напитке при хранении // Молочная промышленность. 2009. № 9. С. 62.

REFERENCES

- 1 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Gracheva N.A., Golovin E. V. The problem of storage stability of milk content beverage «Moloko poleznoye». *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2008, no. 3, pp. 96-99. (In Russ.).
- 2 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Bocharova E.I., Dolmatova Zh.S. Studying the process of storing milk products sour type. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 4 (54), pp. 90-91. (In Russ.).
- 3 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Kondusova L.A., Gun'kova E.V. et al. On the question of increasing the Ability spread storage. *Pishchevaia promyshlennost'*. [Food industry], 2013, no. 11, pp. 46-47. (In Russ.).
- 4 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Tarasova A.Iu., Kondusova L.A. et al. Innovative technologies in the spreads production. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom*. [Economy. Innovation. Quality control], 2013, no. 2 (3), pp. 28-33. (In Russ.).
- 5 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Smol'skii G.M., Bocharova E.I. New fructose and glucose syrup «Oduvanchikovyi». *Pishchevaia promyshlennost'*. [Food industry], 2010, no. 8, pp. 28-29. (In Russ.).
- 6 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Gritsenko V.I., Gritsenko T.S. Determination of fatty acid content of milk products. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2008, no.11, pp. 57-59. (In Russ.).
- 7 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Stremlilova O.B., Bocharova E.I. Question about influence no milk fat on quality new keeping of milk products. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyra*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2012, no. 4, pp. 49-50. (In Russ.).
- 8 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Krysan O.G., Samoilova M.A. Alterations of the fat component in milk containing drink at storage. *Molochnaia promyshlennost'*. [Dairy industry], 2009, no. 9, pp. 62. (In Russ.).

УДК 664.143

Профессор Г.О. Магомедов, доцент Л.А. Лобосова,
доцент М.Г. Магомедов,
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекного, кондитерского,
макаронного и зерноперерабатывающего производств.
тел. (473)255-38-51
E-mail: larisa_lobosova@mail.ru
соискатель И.Г. Барсукова
(ЗАО «НП Конфил» г. Волгоград)

Professor G.O. Magomedov, associate Professor L.A. Lobosova,
associate Professor M.G. Magomedov
(Voronezh state university of engineering technology) Department of bakery, confectionary,
macaroni and cereal-processing production. phone (473)255-38-51
E-mail: larisa_lobosova@mail.ru
applicant I.G. Barsukova
(JSC "NP Konfil", Volgograd)

Суфле пониженной сахароемкости

Souffle with reduced amount of sugar

Реферат. Рассмотрена технология получения сбивных конфет типа «Суфле» с полной заменой сахара-песка на патоку увеличенного срока годности, формируемых методом «шприцевания» с помощью вакуумного шприца непрерывного действия, применяемого в мясной промышленности, в металлизированную пленку по типу «флоу-пак». Изучен процесс пенообразования дисперсных систем. Изучен процесс студнеобразования и влияние на него различных факторов. Для выявления взаимосвязи между эффективной вязкостью жележных масс и студнеобразующей способностью агара были получены зависимости эффективной вязкости от скорости сдвига жележных масс и скорости сдвига от напряжения сдвига при $t = 65^\circ\text{C}$ и массовой доле сухих веществ 78 %. Снижение вязкости положительно сказывается на процессе формирования сбивных конфет методом «шприцевания». Определены значения пластической прочности жележных масс и установлено, что замена сахара-песка на патоку приводит к снижению пластической прочности, но это не влияет на хорошую формоудерживающую способность. Для повышения пищевой ценности сбивных изделий в рецептурный состав введена корица. Определены органолептические, физико-химические показатели качества, рассчитана энергетическая ценность изделий. Высокая гигроскопичность суфле на патоке требует герметичной упаковки. Предложен новый прогрессивный способ формирования суфле с помощью вакуумного шприца непрерывного действия, применяемого в мясной промышленности для формирования сосисок. Выстойка и структурообразование осуществлялись непосредственно в оболочке в течение 2 часов, что является очень важным преимуществом данного способа. Сбивные изделия на основе патоки являются функциональными.

Summary. Was studied the technology of producing aerated candies "Souffle" with replacement of sugar to molasses with increased shelf life, molded by "jetting" with a vacuum syringe with continuous action, which is used in the meat industry, into metallized film type "flow-pack". Studied the process of foaming disperse systems. Studied the process of gelation and gelation affected by various factors. To establish a relationship between the effective viscosity and jelly mass of gelation ability of agar were achieved the dependence according to the effective viscosity of the jelly mass shear rate and a shear rate on the shear stress at temperature of 65°C and a mass fraction of solids of 78%. Viscosity reduction has a positive effect on the process of molding molasses candies by the "extrusion". Were defined values of the plastic strength of jelly masses and found that replacing sugar to molasses reduces the plastic strength, but it does not affect a good form-stable ability. Cinnamon was added into the prescription whipped composition to improve the nutritional value of products. Were defined organoleptic, physical and chemical qualities, calculated energy value of the products. High hygroscopic souffle on molasses requires hermetic packaging. Proposed a new progressive method of forming a souffle with a vacuum syringe with continuous action, which is used in the meat industry to form sausages. Curing and structure foaming implemented directly in the shell for 2 h, which is an important advantage of this method. Whipped products on molasses are functional.

Ключевые слова: суфле, патока, корица, функциональные изделия, способ формирования.

Keywords: souffle, molasses, cinnamon, functional products, molding method.

© Магомедов Г.О., Лобосова Л.А.,
Магомедов М.Г., Барсукова И.Г., 2014

Приоритетным направлением развития кондитерской промышленности является снижение калорийности изделий, повышение их пищевой ценности, с учетом потребности населения в незаменимых микро- и макронутриентах.

Цель исследования – разработка прогрессивной технологии сбивных конфет типа «Суфле» пониженной сахароемкости за счет полной замены сахара-песка на патоку, формуемых методом «шприцевания» в металлизированную пленку по типу «флоу-пак», увеличенного срока годности

В рамках поставленной цели решались следующие задачи:

- исследование структурно-механических свойств сбивных масс;
- определение органолептических, физико-химических показателей качества;
- возможность применения прогрессивного способа формования сбивных конфетных масс методом «шприцевания»;
- расчет энергетической ценности изделий.

Большой популярностью у потребителей пользуются сбивные кондитерские изделия.

Конфетные сбивные массы делятся на две группы: легкого типа (суфле); тяжелого типа (нуга).

Сырьем для производства сбивных конфетных масс являются студнеобразователи (агар, агароид, пектин, желатин и т. д.), пенообразователи (яичный белок или его заменители), сахар-песок, патока, различные вкусовые (фруктовые подварки, цукаты, дробленые орехи и др.) и ароматические добавки [1, 2].

Сбивные конфетные массы имеют пенообразную структуру, содержат мелкие, равномерно распределенные пузырьки воздуха, окруженные оболочками из агаро-сахаропаточного, агаро-паточного, агаро-фруктозно-паточного или других сиропов [3].

Основными физико-химическими процессами при производстве сбивных изделий являются пено- и студнеобразование, причем они реализуются строго последовательно с целью достижения высокой стабильности структуры и качества готовых изделий.

Управляя скоростью пенообразования и однородностью дисперсности воздушных пузырьков, создают пенообразную структура. Затем достигается устойчивость пены путем студнеобразования дисперсионной среды, стабилизируются упруго-эластичные свойства пенных пленок [4].

Процесс пенообразования сложен из-за совместного влияния физико-химических, фи-

зико-технических и других факторов. Поэтому изучали влияние сахарозаменителя – патоки – на процесс пенообразования.

Для проведения исследований использовали патоку с массовой долей сухих веществ 78 %.

По изменению объема пены при сбивании определяли пенообразующую способность данного раствора. Установили, что при сбивании смеси в течение 9 мин достигается максимальный объем пены с добавлением сахарного сиропа – 62 мл, а с патокой – 74 мл (рисунок 1).

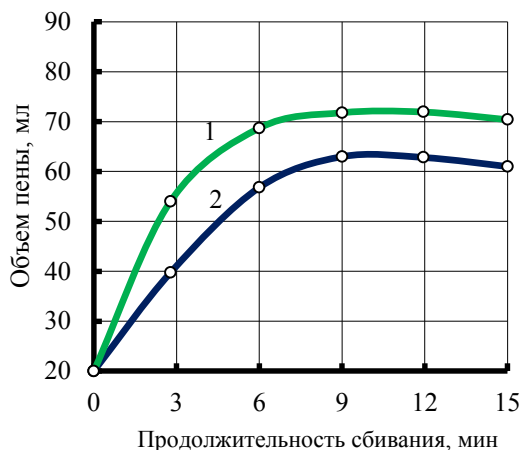


Рисунок 1. Зависимость объема пены от продолжительности сбивания при содержании яичный белок и: 1 – патока; 2 – сахарный сироп

При замене сахара на патоку пенообразующая способность белка повышается. В состав патоки входят декстрины, обладающие свойствами поверхностно-активных веществ. Кроме того патока значительно повышает вязкость пенных пленок и замедляет отток жидкости из пены.

При реализации технологического процесса производства сбивных конфет наиболее сложным, трудноуправляемым, а также определяющим процессом, является студнеобразование. Поэтому при создании новых пенообразных кондитерских изделий, необходимо изучить процесс студнеобразования и влияние на него различных факторов.

Для выявления взаимосвязи между эффективной вязкостью желейных масс и студнеобразующей способностью агара были получены зависимости эффективной вязкости от скорости сдвига желейных масс и скорости сдвига от напряжения сдвига при $t = 65^\circ\text{C}$ и массовой доле сухих веществ 78 %. Исследуемые желейные массы можно отнести к структурированным жидкостям, обладающими свойствами псевдопластичности.

Анализ реологических кривых жележных масс показал, что вязкость жележной массы уменьшается на 2-6 Па·с по сравнению с контролем, при этом кривые течения смещаются вниз. Предельное напряжение сдвига также уменьшается, и кривые смещаются влево.

Снижение вязкости положительно сказывается на процессе формирования сбивных конфет методом «шприцевания».

Определили значение пластической прочности жележных масс. Замена сахара на патоку приводит к снижению пластической прочности на 56,9 кПа, но этих значений достаточно для поддержания хорошей формоудерживающей способности (рисунок 2).

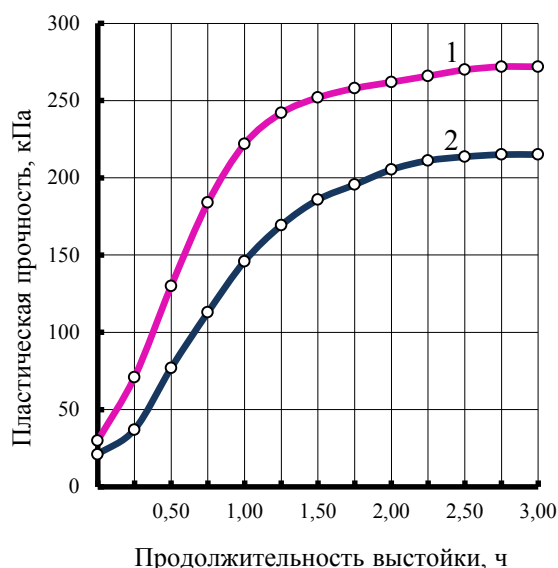


Рисунок 2. Зависимость пластической прочности жележной массы от продолжительности выстойки при следующем составе:

1 – агар + сахар + патока; 2 – агар + патока

Для повышения пищевой ценности сбивных изделий в их рецептурный состав введена корица.

Корица снижает содержание в крови жиров и «плохого» холестерина, и нейтрализует свободные радикалы. Полезные свойства корицы зависят в основном от трех компонентов, входящих в ее состав: коричневого альдегида, циннамилацетата, коричневого спирта. Аромат и вкус корицы обусловлен ароматическим маслом, содержащимся в количестве 0,5-1 %. Корица – отличный антидепрессант, она поднимает настроение и успокаивает, способствует улучшению памяти и умствен-

ной работоспособности, ускоряет кровообращение и усиливает действие других лекарственных средств. Корица рекомендована в диетическом питании, где может употребляться вместо соли.

Определяли показатели качества свежеприготовленного суфле и в течение 30, 60, 90 суток хранения (таблица 1).

Высокая гигроскопичность суфле на потоке требует герметичной упаковки.

Основными технологическими стадиями инновационной технологии являются: получение рецептурной смеси; получение сбивной массы; формирование методом «шприцевания» с последующей перекруткой или клипсованием жгута сбивной массы в металлизированной пленке; охлаждение; термоспаивание в металлизированную пленку методом «флоу-пак»; фасовка; упаковка.

Формовали сбивную массу с помощью вакуумного шприца непрерывного действия Handtmann VF 620, производительностью 5000 кг/ч, применяемого в мясной промышленности для формирования сосисок. Выстойка и структурообразование осуществлялись непосредственно в оболочке в течение 2 ч, что является очень важным преимуществом данного способа [5].

Предлагаемая технология обеспечивает высокую производительность при минимальных издержках (500-10000 кг/ч).

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 общественном питании, учреждениях, на транспорте. Упрощается технологический процесс.

Обновление упаковки в сегменте кондитерских сбивных изделий увеличит, на наш взгляд, покупательскую способность. При этом индивидуальная порционная упаковка должна иметь привлекательный внешний вид, нести хорошо заметную информацию о составе продукта и его полезных свойствах.

Органолептические и физико-химические показатели качества суфле

Наименование показателей	Суфле с корицей на патоке	ГОСТ 6441-96 «Изделия кондитерские пастильные. Общие технические условия»
Цвет	Кремовый	Свойственный данному наименованию изделий
Вкус и запах	Свойственные данному наименованию изделий, с привкусом и ароматом корицы	Ясно выраженные, характерные для данного наименования изделия, без посторонних привкуса и запаха
Структура	Легкая, пористая, свойственная данному наименованию изделия, без грубого затвердения на боковых гранях и выделения сиропа	Свойственная данному наименованию изделия, без грубого затвердения на боковых гранях и выделения сиропа
Массовая доля влаги, %	24,0	16-24
Плотность, г/см ³ , не более	0,55	0,6
Общая кислотность, град, не менее	0,5	0,5
Массовая доля редуцирующих веществ, %	37,7	7-14

Энергетическая ценность суфле уменьшилась на 55 ккал по сравнению с контрольным образцом на сахаре.

Таким образом, сбитые изделия на основе патоки являются функциональными, полезными людям, ведущим здоровый образ

жизни, а новый прогрессивный способ формирования методом «шприцевания» с помощью шприца непрерывного действия позволяет значительно сократить технологический процесс, уменьшить себестоимость продукции и увеличить срок ее годности до 6 месяцев.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Олейникова А. Я., Аксенова Л.М., Магомедов Г.О. Технология кондитерских изделий: учебник. СПб. : Изд-во «РАПП», 2010. 672 с.
- 2 Зубченко А. В. Технология кондитерского производства: учеб. для студ. вузов. Воронеж: ВГТА, 2001. 430 с.
- 3 Зубченко А.В. Физико-химические основы технологии кондитерских изделий: учеб. для студ. вузов. Воронеж: ВГТА, 2001. 389 с.
- 4 Магомедов Г. О., Лобосова Л.А., Олейникова А.Я. Новое в технике и технологии зефира функционального назначения: монография. Воронеж: ВГТА, 2008. 156 с.
- 5 Пат. RU № 2410991 С2 Способ формирования кондитерских изделий / Магомедов Г.О., Бережная О.С., Лобосова Л.А., Лобосов В.Г. Заявл. 22.01.2009; Опубл. 27.07.2010, Бюл. № 21.

REFERENCES

- 1 Oleinikova A.Ia., Aksenova L.M., Magomedov G.O. Tekhnologiya konditerskikh izdelii [Technology confectionery products: a textbook]. Sent-Petersburg: RAPP, 2010. 672 pp. (In Russ.).
- 2 Zubchenko A.V. Tekhnologiya konditerskogo proizvodstva [Technology confectionery products]. Voronezh, VGTA, 2001. 430 pp. (In Russ.).
- 3 Zubchenko A.V. Fiziko-khimicheskie osnovy tekhnologii konditerskikh izdelii [Physico-chemical fundamentals of confectionery technologies]. Voronezh, VGTA, 2001. 389 pp. (In Russ.).
- 4 Magomedov G.O., Lobosova L.A., Oleinikova A.Ia. Novoe v tekhnike i tekhnologii zefira funktsional'nogo naznacheniiia [New equipment and technology marshmallow functional purpose]. Voronezh, VGTA, 2008. 156 pp. (In Russ.).
- 5 Magomedov G.O., Berezhnaia O.S., Lobosova L.A., Lobosov V.G. Sposob formovaniia konditerskikh izdelii [Process for formation of confectionery products], Patent RF, no. 2410991, 2009. (In Russ.).

УДК 664.8.035

Доцент Я.П. Коломникова, доцент С.Н. Тефикова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса

тел. (473) 255-37-72

E-mail: kolomnikovayana@mail.ru

ассистент В.Л. Пашченко

(Воронеж. гос. агр. ун-т им. Императора Петра I) кафедра технологии переработки растениеводческой продукции

тел. (473) 253-86-51

Associate Professor Ia.P. Kolomnikova, associate Professor S.N. Tefikova

(Voronezh state university of engineering technology) Department of service and restaurant business

phone (473) 255-37-51

assistant V.L. Pashchenko

(Voronezh state agricultural university n.a. Emperor Peter I) Department of technology of processing of crop production

phone (473) 253-86-51

Новые технологии мучных кулинарных изделий улучшенной пищевой ценности для предприятий общественного питания

New technologies of the flour culinary products with improved nutrition value for catering establishments

Реферат. Статья содержит информацию о новых технологиях мучных кулинарных изделий с использованием нетрадиционных для данной продукции видов сырья: соя, фасоль, нут, люпин, кунжут и лен. Подробно изучен и проанализирован состав новых рецептурных ингредиентов и выявлено положительное влияние их внесения на улучшение пищевой ценности разработанных продуктов. Разработана линия изделий, сбалансированных по биологической ценности, витаминному, минеральному составу, ω -6/ ω -3 жирным кислотам. Предложена технология применения нута при производстве хлеба, перевариваемость которого на 8,5 % выше, чем в контрольной пробе. В способе приготовления печенья из овсяной муки щелочность снижается на 1,4 град, сахар заменен на фруктозу и ее содержание в 3 раза меньше. Биологическая ценность готовых изделий составляет 68 %. Внесение в рецептуру хлеба персикового пюре, богатого биотином, рибофлавином, β -каротином, аскорбиновой кислотой и минеральными веществами, приближает соотношение Ca:Mg:P, которым отводится важная роль для обогащения мучных кулинарных изделий (1:0,6:1,3) к рекомендуемому (1:0,5:1,5), сбалансировать соотношение ω -6/ ω -3 жирных кислот (оно составляет 4:1), что соответствует рекомендованным Институтом питания РАМН для профилактического питания; повысить массовую долю витаминов и минеральных веществ и расширить ассортимент сдобных хлебобулочных изделий функционального и профилактического назначения. Пористость мякиша пшенично-ржаного хлеба с введение подкисляющей добавки выше, чем в контрольной пробе на 8 %, удельный объем – на 17 %. При этом достигается рациональное соотношение кальция и фосфора, равное 1:1,5, соотношение белков и углеводов составляет 1:4. Энергетическая ценность снижается на 30 % относительно контрольной пробы.

Summary. Article contains information on new technologies of flour culinary products with use nonconventional for this production of types of raw materials: soy, haricot, chickpeas, lupine, sesame and flax. The composition of new prescription ingredients is in detail studied and analysed and positive influence of their introduction on improvement of a nutrition value of the developed products is revealed. The line of the products balanced on biological value, vitamin, mineral structures, ω -6/ ω -3 to fatty acids is developed. The technology of application chickpeas is offered at the production of bread which digestibility is 8,5 % higher, than in control test. In a way of preparation of cookies from an oat flour alkalinity decreases on 1,4 hail, sugar is replaced with fructose and its contents is 3 times less. The biological value of finished products makes 68 %. Entering into a compounding of bread of the peach puree, rich biotiny, riboflavinum, β -carotin, ascorbic acid and mineral substances approaches a ratio of Ca:Mg:P for which the important role for enrichment of flour culinary products (1:0,6:1,3) to recommended (1:0,5:1,5) is allocated. to balance a ratio ω -6/ ω -3 fat acids (it makes 4:1) that corresponds the recommended Institute of food of the Russian Academy of Medical Science for preventive food; to raise a mass share of vitamins and mineral substances and to expand the range of rich bakery products of functional and preventive purpose. Porosity of a crumb of wheat and rye bread about introduction of an acidifying additive is higher, than in control test for 8%, specific volume – for 17%. The rational ratio of calcium and the phosphorus, equal 1:1,5 is thus reached, the ratio of proteins and carbohydrates makes 1:4. Power value decreases by 30% of rather control test.

Ключевые слова: мучные кулинарные изделия, пищевая ценность, обогащение.

Keywords: flour culinary products, nutrition value, enrichment.

© Коломникова Я.П., Тефикова С.Н., Пашченко В.Л., 2014

Мучные кулинарные изделия занимают особое положение в питании населения России, они входят в ежедневный пищевой рацион подавляющего большинства потребителей, являясь одним из главных источников энергии и пищевых веществ.

Разработка технологий мучных кулинарных изделий, содержащих значительное количество легкоусвояемого белка, незаменимых аминокислот, эссенциальных жирных кислот, волокнистых веществ, витаминов, макро- и микроэлементов, является одним из возможных путей улучшения структуры питания населения страны. Потенциальными источниками этих веществ могут быть зернобобовые и масличные культуры: соя, нут, люпин, кунжут и лен.

Нут является одной из перспективных зернобобовых культур. Белки нута богаты незаменимыми (триптофан, лейцин, изолейцин, лизин, метионин) и заменимыми аминокислотами (гистидин, аргинин, тирозин, цистин). Суммарная доля незаменимых аминокислот в белке нута составляет 41,53 % их общей суммы. Также нутовый белок богат такой важной незаменимой аминокислотой, её содержится столько же, сколько в белке животного происхождения. По общей массе незаменимых аминокислот, жизненно необходимых человеку, нут находится на уровне гороха, незначительно уступая фасоли, и почти в 4 раза превышает данный показатель у пшеницы. По содержанию метионина нуту нет равных среди остальных зернобобовых культур.

Разработана технология получения нутового гидролизата, который нашел применение при производстве хлеба «Полевой». В изделиях, содержащих нутовый гидролизат, наблюдается улучшение органолептических и физико-химических показателей качества хлеба и достигается оптимальное соотношение белков и углеводов в хлебе – 1:4 (10,6:42,6). Биологическая ценность хлеба «Полевого» составила 76 %, то есть увеличилась на 22 %; скор по лизину увеличивается с 65,6 % до 95,6 %, по треонину - с 76,7 % до 134,3 %; соотношение Са:Р:Мg сдвигается к рекомендуемому (1:0,5:1,5). Перевариваемость белка в системе *in vitro* в опытной пробе на 8,5 % выше, чем в контрольной [3].

Высокая массовая доля белка (около 40 %) содержится в люпине, являющимся перспективным сырьем для предприятий пищевой промышленности и общественного питания.

Разработаны ряд технологий мучных кулинарных изделий с применением продуктов переработки люпина. В частности, предложены рецептура и технология бисквита, изготавливаемого с частичной заменой меланжа куриных яиц на люпиново-меланжевый гидролизат.

Новое изделие по сравнению с контролем обладает лучшими органолептическими показателями качества: изделия приобретают янтарно-желтый цвет, приятный аромат и вкус. Пористость готового бисквита увеличилась на 7 %, удельный объем опытного бисквита выше, чем у контроля на 12 % (рисунок 1).

В готовых изделиях увеличивается содержание белка на 35 %, макро- и микроэлементов (натрий на 16 %, калий на 108 %, кальций на 21 %, железо на 33 %, магний на 41 % и фосфор на 6 %). Повышается содержание витаминов группы В (В1 на 19 %, В2 на 30 %, РР на 6 % и β-каротина на 43 %). Полученный бисквит обладает лучшим аминокислотным скором по лимитирующей аминокислоте лизину (65,39 % против 44,2 % у контроля), биологическая ценность повышается на 32% (с 51 до 83 %). За счёт внесения натурального обогатителя степень перевариваемости несколько увеличивается.

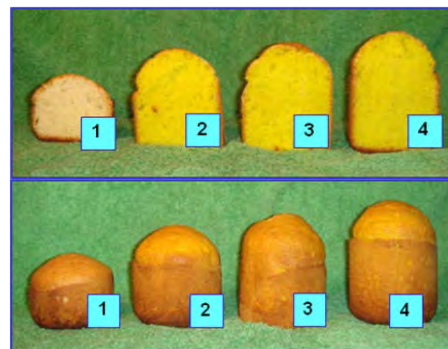


Рисунок 1. Внешний вид изделий: Бисквит №1 (контроль), 2 – бисквит с 20 % заменой меланжа куриных яиц на люпиново-меланжевый гидролизат (проба 1), 3 - бисквит с 25 % заменой меланжа куриных яиц на люпиново-меланжевый гидролизат (проба 2), 4 - бисквит с 30 % заменой меланжа куриных яиц на люпиново-меланжевый гидролизат (бисквит «Милашка»)

Сложившаяся неблагоприятная экологическая обстановка, поступление с пищей значительного количества синтетических пищевых добавок, нездоровый образ жизни отрицательно влияют на все органы и системы организма. При нарушениях в работе печени страдает весь организм, поэтому в настоящее время особенно остро стал вопрос поиска эффективных гепатопротекторов. Для лечения болезней печени в народной медицине издавна употребляются плоды растения расторопши пятнистой.

Отличительная особенность расторопши от других масличных культур – наличие в ее семенах суммы флаволигнанов, называемой силимарином, антиоксидантный эффект которого обусловлен его взаимодействием со свободными радикалами в печени и превращением их в менее агрессивные соединения. Помимо силимарина, содержание которого в шроте рас-

торопше составляет 2,5 % на сухое вещество, в продукте содержится большое количество биологически активных веществ: витамины группы В, Е, каротиноиды, клетчатка, полиненасыщенные жирные кислоты. С учетом богатого химического состава шрота расторопши разработана технология производства мучных кулинарных изделий гепатопротекторного действия из смеси ржаной и пшеничной муки, содержащих 12 % шрота расторопши, 14 % соевого изолята, 5 % рапсового масла. Дозировка рапсового масла определена из расчета оптимального соотношения $\omega 3/\omega 6$ жирных кислот 1/5. Применение новых компонентов позволило увеличить биологическую ценность хлеба на 29,5 %, улучшить скор по лизину с 48,7 % до 98,7 %, по треонину - с 77,5 % до 102,8 %. Соотношение Mg:Ca:P составило 0,4:1:1,3, что практически соответствует рекомендуемому (0,5:1:1,5); соотношение $\omega 6/\omega 3$ жирных кислот составило 5:1 и соответствует рекомендованному Институтом питания РАМН для лечебного питания [4].

Из-за большого содержания кислоты $\omega 3$ в семенах масличного льна, которую называют природным эликсиром молодости, снижается уровень холестерина в крови и триглицеридов (соответственно на 25 % и 65 %). Кислота $\omega 3$ препятствует образованию токсичных веществ, разрушающих организм, необходима для улучшения зрения (сетчатки глаза); функции надпочечной железы, щитовидной железы. Также семена льна содержат компоненты, которые способны предупредить или снизить риск возникновения некоторых видов раковых заболеваний, вызванных гормональной чувствительностью. Содержащаяся в семенах льна диетическая клетчатка стимулирует желудочно-кишечную деятельность. Полисахариды семян обладают мембраностатическим действием, вследствие этого их применяют как обволакивающее, смягчающее, противовоспалительное средство при гастрите и язве желудка, для нормализации функции печени.

Применение семян льна в производстве мучных кулинарных изделий позволяет улучшить их жирнокислотный состав. Разработан способ приготовления печенья из овсяной муки «Аленушка» с применением неизмельченных семян льна ЛМ-95 и «Иванушка» с применением измельченных семян льна «Кудряш». Изделия с семенами масличного льна имеют улучшенные органолептические (вкус, аромат, форма) показатели качества. Щелочность снижается на 1,4 град, сахар заменен на фруктозу и ее содержание в 3 раза меньше, намокаемость выше на 14 %, чем в контрольном образце. Биологическая ценность готовых изделий составляет 68 % [2].

Пчелиный мед – один из сложнейших естественных продуктов, в составе которого об-

наружено более четырехсот различных компонентов. Мед, как естественный продукт, по количеству зольных элементов не имеет себе равных: в нем обнаружено около 40 макро- и микроэлементов: кальций, калий, фосфор, хлор, сера, магний, медь, марганец, йод, цинк, алюминий, кобальт, никель и др. Некоторые микроэлементы находятся в меде в такой же концентрации и таком же соотношении друг с другом, как и в крови человека. Сходство минерального состава крови и меда обуславливает быстрое усвоение меда, его пищевые, диетические и лечебные свойства. Бактерицидность меда обусловлена содержанием в нем фитонцидов и ферментов, участвующих в окислительных реакциях с высвобождением активного кислорода. Он участвует в окислении ненасыщенных жирных кислот, присутствующих в муке и вносимых с новым сырьем, до пероксидов. Они, в свою очередь, окисляя SH-группы в белковых глобулах, упрочняют белок и укрепляют клейковину, что увеличивает объем готовых изделий.

Кедровый орех имеет высокий химический потенциал и содержит уникальный по качественному и количественному составу минеральный комплекс в сочетании с белковым и липидным компонентами. Преобладающей аминокислотой белка кедрового ореха является аргинин. Аргинин повышает неспецифическую резистентность организма, влияет на гормональный баланс, участвуя в выработке гормона роста и инсулина, улучшает микроциркуляцию крови, снимает спазм коронарных артерий. Из незаменимых кислот обращает на себя внимание высокое содержание лизина, триптофана и метионина. В этом отношении белки ядра кедрового ореха выгодно отличаются от других растительных белков, которые, как правило, дефицитны по содержанию именно этих незаменимых аминокислот. Лизин участвует в метаболизме мозга и костной ткани, вместе с аргинином он снижает уровень холестерина в крови. Метионин способствует удалению из печени избытка жира, снижению содержания холестерина в крови, обезвреживает токсические вещества, защищает печень от токсических воздействий. Триптофан необходим в организме для поддержания нормальной психической активности.

Важным показателем качества пищевого белка служит степень его усвояемости, которая определяется скоростью расщепления белка в желудочно-кишечном тракте и последующего всасывания аминокислот. Усвояемость белка кедрового ореха составляет 95 %, что сопоставимо с усвояемостью полноценных животных белков молока и куриного яйца. Кедровый орех содержит комплекс важнейших макро- и микроэлементов, необходимых для

нормальной жизнедеятельности организма. В 100 г орехов содержится суточная потребность человека в магнии, марганце, меди, цинке и кобальте. Таким образом, кедровые орехи – ценнейший высококачественный пищевой продукт, содержащий наряду с глицидами незаменимых жирных кислот большое количество биологически активных веществ. Использование этого продукта в ежедневном рационе питания человека, безусловно, необходимо для полноценной жизнедеятельности организма.

Внесение в рецептуру меда и персикового пюре, богатых биотином, рибофлавином, β -каротином, аскорбиновой кислотой и минеральными веществами приближает соотношение $\text{Ca}:\text{Mg}:\text{P}$, которым отводится важная роль для обогащения мучных кулинарных изделий (1:0,6:1,3) к рекомендуемому (1:0,5:1,5). Сбалансированный жирнокислотный и минеральный составы, обогащение витаминами не только повышает пищевую и биологическую ценность, но и улучшает состав среды полуфабриката теста и создает комфортные условия для жизнедеятельности дрожжевых клеток и молочнокислых бактерий, что обеспечивает интенсификацию процесса брожения теста и сокращает его продолжительность на 65 %. В процессе брожения в опытной пробе происходит более интенсивное накопление диоксида углерода, вызывающего разрыхление теста.

Расход сухих веществ на брожение несколько сокращается. Несмотря на некоторое уменьшение объема диоксида углерода, кислотность в опытной пробе достигает заданного значения за 120 мин. Следовательно, на этот процесс расход сухих веществ также сокращается. В процессе брожения измеряли изменение динамической вязкости теста (рисунок 3). После 120 мин брожения значение вязкости теста опытной пробы достигает 374 Па·с, то есть практически соответствует значению контрольной пробы в 395 Па·с после 180 мин брожения. Дополнительное внесение сухой пшеничной клейковины в количестве 8 % к массе пшеничной муки нормализует реологические характеристики теста.

Таким образом, предлагаемый способ приготовления хлеба «Восторг» позволяет повысить пищевую и биологическую ценности хлеба; улучшить его качественные показатели: удельный объем на 7 %, пористость на 10,0 %, аромат на 47 %; приблизить минеральный состав (соотношение $\text{Ca}:\text{Mg}:\text{P}=1:0,6:1,3$) к рекомендованному Институтом питания РАМН; сбалансировать соотношение ω -6/ ω -3 жирных кислот (оно составляет 4:1), что соответствует рекомендованным Институтом питания РАМН для профилактического питания; повысить массовую долю витаминов (тиамин, рибофлавин, ниацин) и мине-

ральных веществ (калий, кальций, магний, фосфор, железо) (таблица 1); расширить ассортимент сдобных хлебобулочных изделий функционального и профилактического назначения [5].

Для производства хлеба из смеси ржаной и пшеничной муки в дискретных условиях работы предприятий общественного питания применение традиционных технологий весьма сложно, поэтому используют ускоренные способы, основанные на применении подкисляющих добавок. К таким добавкам относится «Анифарин». Он позволяет быстро получить хлеб с потребительскими свойствами, аналогичными хлебу, приготовленному по традиционной технологии. В состав «Анифарина» входит ржаная мука, лецитин, лимонная кислота, крахмал, фосфат кальция. Модификация традиционной технологии заключается в следующем: тесто готовили опарным способом на подкислителе «Анифарин», дозировка которого составляет 1,1 % к массе ржаной муки, дозировка дрожжей хлебопекарных прессованных увеличена, в качестве сахаросодержащего сырья использовали сироп сахарного сорго. Приготовление теста включало следующие стадии: приготовление пшеничной опары путем смешивания рецептурного количества пшеничной муки, дрожжей хлебопекарных прессованных, воды, «Анифарина», брожения опары до накопления кислотности 4,2 град; смешивания опары с рецептурным количеством ржаной муки, сиропа сахарного сорго, соли пищевой поваренной, воды, «Анифарина»; брожение теста; разделка теста на тестовые заготовки и их расстойка; выпечка тестовых заготовок (в начальный период выпечки температура среды пекарной камеры 260 °С, затем снижена до 230 °С, продолжительность выпечки 25-30 мин).

Т а б л и ц а 1

Пищевая ценность хлеба

Показатель	Хлеб «Восторг»	
	Химический состав	Пищевая ценность
Белок, г	8,40	10,00
Углеводы, г:		
-легкоусвояемые	1,80	3,60
-крахмал	49,10	10,40
Жир, г	0,73	0,72
Минеральные вещества, мг:		
-калий	128,05	5,20
кальций	125,18	2,68
магний	85,82	3,60
фосфор	166,74	5,30
железо	1,67	11,90
Витамины, мг:		
тиамин	0,15	8,80
рибофлавин	0,05	2,50
ниацин	1,20	6,30
Энергетическая ценность, кДж	1038	

Изучение реологических характеристик теста показало повышение вязкости в опытной пробе по сравнению с контролем. Увеличение вязкости объясняется тем, что при внесении сиропа сахарного сорго и подкислителя в тесто увеличивается набухание коллоидов, отчего снижается доля свободной влаги. Кроме того, внесение подкислителя в полуфабрикаты сдерживает кислотный гидролиз белковых веществ, что отражается на вязкости теста, и, как следствие, способствует снижению его адгезионной прочности. В результате улучшается процесс разделки теста и снижается его затраты при формировании.

Пористость мякиша хлеба «Легенда» выше, чем в контрольной пробе на 8 %, удельный объем – на 17 %, формоустойчивость – на 17 %. Крошковатость мякиша уменьшается на 20-28 %, удельная набухаемость увеличивается в пределах 25-45 % по сравнению с контролем.

В хлебе «Легенда» возрастает содержание кальция, магния, фосфора, при этом достигается рациональное соотношение кальция и фосфора, равное 1:1,5, соотношение белков и углеводов составляет 1:4. Энергетическая ценность хлеба «Легенда» снижается на 30 % относительно контрольной пробы. Это связано с применением в качестве многокомпонентного сахаросодержащего сырья сиропа сахарного сорго [6].

Хорошим источником инулина и олигофруктозы – растворимых диетических пищевых волокон, оказывающих положительный эффект на микрофлору кишечника, проявляющийся в позитивном влиянии на селективный рост и метаболическую активность у бифидобактерий и лактобактерий является цикорий. Кроме того, инулин и олигофруктоза имеют низкую энергетическую ценность (1 и 1,5 ккал/г соответственно), не повышают уровень глюкозы в крови и улучшают всасывание магния, железа и кальция.

По результатам исследований Резниковой Л.Г. определено наиболее оптимальное количество сахара-песка 2 % и какао-порошка 2 % для замены на порошок цикория в рецептуре № 8, внесение которого сокращает время взбивания на 3-5 минут. Показатели качества бисквита: с добавлением порошка цикория – влажность 21,8-22 %, содержание сахара – 31-31,3 %, пористость 75-78 %. При употреблении 100 г бисквитного полуфабриката с добавлением цикория растворимого достигается удовлетворение суточной потребности в железе на 5 %, в цинке – на 6 %, в марганце – на 37 %, в хrome – на 8 % [7].

Снизить микробиологическую опасность, упростить и сократить время подготовки сырья, стабилизировать качество продукции позволяет применение сухих яйцепродуктов в технологии бисквита. На основе экспериментальных данных Мельник Е. В. было определено, что при раздельном сбивании восстановленного белка и восстановленного желтка с сахаром, удельный объем, плотность и влажность готового бисквита наиболее приближены к таким же показателям контрольного образца бисквита, приготовленного на меланже. Для еще большего улучшения этих показателей определено оптимальное соотношение сухих белка и желтка (1,6 : 1,0) и количество вносимой вместе с мукой карбоксиметилцеллюлозы (1 %), используемую для повышения пенообразующей способности и содержания пищевых волокон. Применение раздельных порошков сухого белка и сухого желтка делает возможным снижение содержания холестерина (по сравнению с натуральными яйцепродуктами) и улучшение органолептических и физико-химических показателей, при уменьшении количества используемого сухого желтка на 10-15 % [8].

Холодовой Е. Н. разработаны рецептуры бисквитов функционального назначения с использованием нетрадиционных видов муки, пищевого компонента Orafiti®P95 и апельсиново-женьшеневого сиропа. На основе экспериментальных и расчетных данных были определены оптимальные соотношения ингредиентов, дающих наиболее высокие физико-химические и органолептические показатели: с заменой 80 % пшеничной муки на пшеничную (с/без замены 10 % сахара на Orafiti®P95 или апельсиново-женьшеневый сироп) и с заменой 70 % пшеничной муки на тритикалевую (с/без замены 10 % сахара на Orafiti®P95 или апельсиново-женьшеневый сироп). Содержание калия и фосфора в бисквитах с тритикалевой мукой выше, чем в контрольном, но ниже, чем в бисквите с пшеничной мукой. В бисквитных полуфабрикатах с разными дозировками пшеничной муки содержание некоторых аминокислот выше в сравнении с бисквитным полуфабрикатом по основной рецептуре, например триптофана на 9,5-10,2 %, гистидина на 15,3-16,0 %, глутаминовой кислоты на 10,9 -11,6 % и аланина на 36,2-37,0 %. Содержание аминокислот в образцах бисквита с тритикалевой мукой отличается от контрольного образца по аргинину на 3,3- 3,9 %, валину на 3,8-3,9 %, аланину на 1,8-2,4 % и аспарагиновой кислоты на 1,4 – 2 % [9].

Аушевой Т. А. обобщена информация об использовании порошка из рябины обыкновенной в качестве добавки к кондитерским изделиям, для придания противоаллергенных и антиоксидантных свойств; разработана рецептура бисквита «Гроздь рябины», дополнительно обогащенного лизингидрохлоридом. Введение порошка из рябины в яично-сахарную смесь перед взбиванием позволяет получить оптимальное значение pH, при котором в наибольшей степени проявляются пенообразующие свойства яичного белка, а выпеченное изделие приобретает шоколадный цвет мякиша и ровную поверхность [10].

Мучные кулинарные изделия являются важным элементом ассортимента продукции предприятий общественного питания, так как прибыль пекарни НоРеСа зависит от ассорти-

мента и качества продукции, которые обеспечиваются использованием в производстве дорогостоящего сырья и ручной работы. Стандарты качества нового сырья охватывают несколько направлений хлебной продукции: повышенной пищевой ценности, более концентрированный белковый состав, хлеб из нескольких видов злаков и т. п. К тому же, такой хлеб лучше усваивается и может включать в свой состав продукты для профилактики заболеваний желудочно-кишечного тракта. По мнению специалистов холдинга Деллоса, потребители предъявляют к продукции всего два требования – вкус и свежесть, которые в итоге сводятся к одному – качеству хлеба. Поэтому в статье предлагаются мучные кулинарные изделия, которые позволят привлечь новых клиентов и поддержать имидж заведения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Антипова Л. В., Богатырева Ж. И. Перспективы применения люпина в пищевой промышленности // Успехи современного естествознания, 2007. № 10. С. 82-83.

2 Пашенко Л.П., Пашенко В.Л., Коваль Л.А., Ущачовский И.В. Новое печенье из овсяной муки // Кондитерское производство, 2007. № 3. С. 2-4.

3 Пашенко Л.П., Федоров С.Ю., Пашенко В.Л. Разработка технологии хлеба с биологически активированными семенами нута // Материалы VI Международной научно-практической конференции «Топинамбур и другие инулинсодержащие растения – проблемы возделывания и использования», Тверь, 12 – 14 сентября 2006г: Изд-во ТГСХА, 2006. С. 166.

4 Пашенко Л.П., Санина Т.В., Пашенко В.Л., Мирошниченко Л.А. и др. Шрот расторопши пятнистой в хлебобулочных изделиях // Современные наукоемкие технологии. 2007. № 7. С. 15-19.

5 Пашенко Л.П., Остроборова С.Н., Пашенко В.Л. Разработка технологии хлеба «Восторг» функционального назначения // Хлебопродукты. 2007. № 12. С. 36-37.

6 Пашенко Л.П., Коломникова Я.П., Пашенко В.Л., Никитин И. А. Разработка технологии ржано-пшеничного хлеба функционального назначения для предприятий общественного питания // Хлебопродукты. 2012. № 12. С. 59-61.

7 Коломникова Я. П., Питайкина Е. А. Способы улучшения рецептуры бисквитного полуфабриката // Актуальная биотехнология. 2013. № 1. С. 27-32.

8 Мельник Е.В., Разработка технологии мучных изделий профилактического назначения с использованием сухих яйцепродуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. М., 2009. 27 с.

9 Холодова Е.Н. Разработка технологии и оценка потребительских свойств бисквитного полуфабриката с использованием тритикалевой и пшеничной муки: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.01. Орел, 2010. 18 с.

10 Аушева Т.А. Композиции биологически активных веществ растительного и животного сырья в технологии хлеба и мучных кондитерских изделий: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.07. Воронеж, 2012. 16 с.

REFERENCES

1 Antipova L.V., Bogatyreva Zh.I. Prospects of lupine in food industry. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia*. [Successes contemporary science], 2007, no. 10, pp. 82-83. (In Russ.).

2 Pashchenko L.P., Pashchenko V.L. Koval' L.A. Ushchapovskii I.V. New cookies from an oat flour. *Konditerskoe proizvodstvo*. [Confectionery production], 2007, no. 3, pp. 2-4. (In Russ.).

3 Pashchenko L. P., Fedorov S. Iu., Pashchenko V. L. Development of technology of bread with biologically activated seeds chick-pea. *Materialy VI Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii "Topinambur i drugie inulinsoderzhashchie rasteniia – problem vozdel'ya i ispol'zovaniia"* [Materials VI International scientific and practical conference "Girasol and Other Inulincontaining Plants — Cultivation and Use Problems"]. Tver, 2006, pp. 166. (In Russ.).

4 Pashchenko L. P., Sanina T. V., Pashchenko V. L., Miroshnichenko L. A. et al. Shrot of a this-tle spotty in bakery products. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. [Modern knowledge-intensive technologies], 2007, no. 7, pp. 15-19. (In Russ.).

5 Pashchenko L. P., Ostroborodova S. N., Pashchenko V. L. Development of technology of De-light bread of a functional purpose. *Khleboprodukty*. [Bakeries], 2007, no. 12, pp. 36-37. (In Russ.).

6 Pashchenko L. P., Kolomnikova Ia. P., Pashchenko V. L., Nikitin I. A. Development of technology of rye white bread of a functional purpose for catering establishments. *Khleboprodukty*. [Bakeries], 2012, no. 12, pp. 59-61. (In Russ.).

7 Kolomnikova Ia. P., Pitaikina E. A. Ways to improve the formulation semi biscuit. *Aktual'naiia biotekhnologiya*. [Current biotechnology], 2013, no. 1, pp. 27-32. (In Russ.).

8 Mel'nik E.V. Razrabotka tekhnologii muchnykh izdelii profilakticheskogo naznacheniiia s ispol'zovaniem sukhikh iaitseproduktov.

Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Development technology pastry prophylactic purposes using dry egg products. Cand. techn. sci. diss. abstr.]. Moscow, 2009. 27 p. (In Russ.).

9 Kholodova E. N. Razrabotka tekhnologii i otsenka potrebitel'skikh svoistv biskvitnogo polufabrikata s ispol'zovaniem tritikalevoi i pshennoi muki. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Development of technology and estimation of consumer properties biscuit using semi tritikalevoy and millet flour. Cand. techn. sci. diss. abstr.]. Orel, 2010. 18 p. (In Russ.).

10 Ausheva T.A. Kompozitsii biologicheskii aktivnykh veshchestv rastitel'nogo i zhivotnogo syr'ia v tekhnologii khleba i muchnykh konditer-skikh izdelii. Avtoref. diss. kand. tekhn. nauk [Composition of biologically active substances of plant and animal matter in the technology of bread and pastry goods. Cand. techn. sci. diss. abstr.]. Voronezh, 2012. 16 p. (In Russ.).

УДК 66.091–026.785

Доцент Г.Е. Дубова,

(Полтавский университет экономики и торговли) кафедра отельно-ресторанного и курортного дела
тел. (053) 222-15-85

профессор А.Т. Безусов

(Одесская национальная академия пищевых технологий) кафедра биотехнологии консервированных продуктов и напитков
тел. (048) 712-41-16

E-mail: gdubova@mail.ru

Associate Professor G.E. Dubova,

(Poltava, Ukraine. University of economics and trade) Department of hotel and restaurant industry
phone (053) 222-15-85

Professor, head of department A.T. Bezusov

(Odessa, Ukraine. National academy of food technologies) Department of biotechnology of canned foods and beverages
phone (048) 712-41-16

E-mail: gdubova@mail.ru

Развитие ферментативной теории восстановления аромата

Theory development of enzymatic aroma recovery

Реферат. Новыми аспектами в образовании свежих ароматов могут служить условия предварительной обработки плодов и последующие условия протекания ферментативных реакций. Синтез ароматических компонентов свежей травы, арбузов, зеленых листьев происходит с участием растительных липоксигеназ. Основой этого исследования является факт, что молекулы соединения-предшественника могут выдерживать режимы переработки, тогда как ферменты и ароматические соединения зачастую разрушаются. Растительные гомогенаты – потенциальные источники ферментов, которые продуцируют натуральные ароматические вещества. Образование свежего аромата происходит в результате реакции между полиненасыщенными жирными кислотами клеточных мембран и липоксигеназами и гидропероксид лиазами растительного сырья и является наиболее ощутимым. Предварительная подготовка образцов положительно влияет на энергию связывания в комплексе фермент-субстрат. Изменение йодного числа в обработанных гомогенатах, по сравнению со свежими, показывает изомеризацию предшественников аромата. Определено минимальное количество внесенных гомогенатов (до 20 г) и время протекания реакции восстановления аромата (5-7 минут). Предварительное охлаждение гомогенатов активизирует ферменты, усиливает окисляемость ПНЖК и приводит к восстановлению свежего аромата растительного сырья. В условиях инактивации ферментов ароматы не синтезируются. В случае межфазной активации между субстратом и ферментами получен стойкий аромат в пищевой глазури, пене.

Summary. The fruit and vegetable pretreatment conditions and subsequent environment in which enzymatic reactions take place can be considered as potential factors in the formation of fresh flavors. The synthesis of aromatic components of fresh grass and green leaves occurs involving vegetable lipoxygenases. The molecules of a precursor-compound can withstand the processing modes, while enzymes and aromatic compounds break down frequently. Vegetable homogenates are potential sources of enzymes which produce natural aromatic substances. Formation of fresh flavors is the most perceptible when it occurs as the result of the reaction between polyunsaturated fatty acids of cytoplasmic membranes and lipoxygenases and hydroperoxide lyase of plant material. Pre-treatment of samples positively influences binding energy in the complex of enzyme-substrate. The change of iodine number in treated homogenates, as compared to fresh ones, shows isomerization of flavor precursors. The minimal quantity of homogenates introduced (up to 20 g) and the duration of aroma-restoring reaction (from 5 to 7 minutes) were defined. Pre-cooling of homogenates activates enzymes, strengthens oxidability of the PUFA, and results in recovery of fresh aroma of plant material. Under conditions of enzyme inactivation, the synthesis of aromas is not possible. Conversely, production of aroma in food glazes and foams is possible in case of interphase activation between a substrate and enzymes.

Ключевые слова: аромат, гомогенат, предшественник, жирные кислоты, ферменты, субстрат.

Keywords: aroma, homogenate, precursors, fatty acids, enzymes, substrate.

Flavor is the essential food factor that one can perceive from a distance. In the absence of flavor there can be no pleasant experiences derived from the consumption of food. Perception of flavor through smell is the most complex in sensory evaluation of food. During the heat treatment of products such as baking or roasting, the well-known flavor-forming reactions take place such as

sugar amine, caramelization, non-enzymatic browning, pyrazine formation and others. However, after canning or drying, the fresh aroma of many fruits and vegetables is partially lost, deteriorated or significantly changed. Researchers should invest in finding strategies for further flavoring of products from this category.

© Dubova G.E., Bezusov A.T., 2014

At the same time, the most sought-after products are those that are natural and have no additives. The development of flavor industry in the last decade was focused on the analysis of natural compounds and finding new aromatic components from which one can restore the natural flavors [1].

The most commonly used flavors in food industry are obtained by chemical synthesis or isolated by chemical processes. These flavors are used repeatedly in various products, however, their repeated use may result in an overabundance of them in an organism. For example, the fruit flavoring substance usually includes isobutyl acetate and ethyl formate and it is used in beverages, yogurts, ice creams, fruit fillings, and tea.

The issue of preservation of aromatic substances is mostly solved in the production of canned fruit and berry juices. Aromatic substances are condensed from a fruit mass by distillation, and then concentrated 100-200 times by absorption, extraction and distillation. The resulting concentrate of aromatic substances is stored separately from the juices. The use of enzymes is another way to restore the fresh flavor of food in processed products. The aroma of dried vegetables found in products can be restored by adding to the processed products the liquid extract of fresh raw materials [2].

In their groundbreaking research dated back to 1957, a group of researchers from the Armed Services Technical Information Agency examined the nature of a specific substance found in the raw materials, which they described as a precursor of flavor. They found that thioglycoside from the cabbage family of vegetables can be used as precursors. The additional findings, as the result of the full synthesis of this group of precursors, demonstrated that synthetic thioglycosides can be as effective under the influence of specific enzymes, as those found naturally in cabbage. The most important observation made in their consecutive studies was that the main potential of flavor precursors is their ability to be converted into a fresh flavor under the influence of their own enzymes. In order to recover the fresh flavor they added isolated enzymes during the food preparation. (Dateo, Clapp, Mackay, Hewitt, & Hasselstrom, 1957). In 1962 they studied the possibility of restoring the flavor of dried cabbage using the same method (Hasselstrom, Bailey, & Reese, 1962).

To continue the line of research, Schwimmer demonstrated that blanched, dried or canned beans, peas, broccoli, carrots, tomatoes, and cabbage change their flavor under the influence of enzymes isolated from fresh raw vegetables, genetically related to the main product or from mustard. Thus, he formulated the theory of possible aroma

recovery based on enzymatic processes. According to this theory, aroma recovery is dependent on the presence of the precursors and on the availability of enzymes that then specifically form natural aromas from these precursors.

One of the major achievements in understanding the mechanisms of flavor formation is this knowledge of the reactions of flavor precursors. Extensive work has been done since to identify flavor precursors of meat, cheese, fish, beer, champagne, bananas, apples, coffee and other products. Knowledge of the flavor precursors and pathways leading to the formation of taste and flavor in fruits and vegetables has been slowly accumulating over the years [3]. The theory of flavor recovery has not been further developed due to the energy barrier between enzymes and a substrate precursor in natural flavor-forming reactions [2].

The authors conducted a literature review of sources published in the last 60 years on the issue of fresh flavor recovery and the lost aroma during thermal processing or dehydration.

Preparation of suspension samples with the active complex of enzymes. Ukrainian grown fresh ripe tomatoes, sweet pepper, cucumbers, and watermelons were purchased from local farmers with the shelf life being a few hours. The vegetables were kept refrigerated for 60 hours at the temperature of about 5 °C. Then vegetables were finely shredded for 7 minutes in a Fillips blender; cellular fluid was collected by squeezing, the hard part was convectively frozen at the temperature of below -18 °C. During the technological use, the hard residue was thawed in a microwave oven in a thawing mode.

Iodine number. The chosen method is based on the effect of iodide acid upon essential fatty acids. The ten-gram sample was placed in a retort with a ground-in stopper and then it was dissolved in 15 ml of 95% alcohol on the water bath at the temperature of 50-60 °C. The retort was cooled to the room temperature; 20 ml of 0,2n. iodine alcoholic solution and 200 ml of distilled water (at the 30 °C temperature) were added. The retort was closed, vigorously agitated, mixed well and left alone for 5 minute. The iodine excess was titrated by 0,1 n hyposulphite solution.

It is difficult to overestimate the role of enzymes in flavor formation: just in a matter of minutes lipids, carbohydrates, proteins and amino acids found in fruits and vegetables are converted to volatile compounds. As a result of homogenization, plant enzymes lead to the formation or enhancement of fruit and vegetable flavors. The destruction of plant tissues by using enzyme solu-

tions, as well as the hydrolysis of the glycosidic linkages of precursors, provides a significant increase in the yield of flavoring substances (Oey, 2010). The most promising area of application of fermentolise technology is the production of natural flavoring from fruit processing waste (peels, pulp, seeds). Industries commonly use microorganisms (yeast, fungi, bacteria) for their fermentative production. The potential to obtain flavor through biotransformation of precursors is intensively studied [4]. Plant homogenates, or homogeneous micronized suspensions of plant materials, represent potential sources of natural aromatic substances. Enzyme activity in such a suspension can be instrumental in flavoring processes that avoid laborious isolation and purification of enzymes from plant raw materials and save on energy costs associated with dialysis or lyophilization. The availability of these organic components is the main advantage of this method, while their short-term effect, limited to a few hours, is the main drawback. In some patented flavoring processes of this kind, strawberry leaves, soybeans, and mushrooms are used as homogenates. However, during the concentration or distillation of these "key" aromatic components obtained through such process, e.g. *cis*-3-hexenal or 1-octen-3-ol, their yields will be low, averaging 10%.

The short-term effect of flavoring is not necessarily a negative factor in the case of preparing small quantities of food, such as in a restaurant or a cafe. Furthermore, there is no need to isolate flavors from homogenates in commercial quantities. Sometimes it is sufficient to restore or to add the "key" flavor ingredient: hexanal for wheat bread and apple juice, hexenal for chopped strawberries or bananas, nonadienal for cucumbers, and decadienal for potato chips. In these cases, the effect is obtained from the use of natural flavor precursors and enzymes from homogenates of plant materials. The renowned flavor specialist Blumenthal enhanced the flavor and smell of the product by mixing pepper and strawberry homogenates [5]. The author of this article finds value in creating edible films or glazes, where enzymes found in homogenates will serve as the source of flavor formation. The impact of strengthening the aromatic profile of products will be seen in lower quantities of salt used during the preparation.

The plant raw materials are rich in enzymes that participate in the formation of flavor. The activity of one of the enzymes, lipoxygenase, is noticeable in the process of aroma formation or recovery. Biosynthesis of flavor compounds by lipoxygenase is proven for tomatoes, cucumbers, olives,

bell peppers, apples, citrus fruits, and strawberries [6]. During the formation of the key flavor components, lipoxygenase usually oxidize linoleic and linolenic acids found in the cytoplasmic membranes of plant cells (Viljanen, Lille, Heiniö, & Buchert, 2011). Further, hydroperoxide lyase influences hydroperoxide, forming aldehydes and alcohols. Using gas chromatography, researchers noticed the appearance of large amounts of hexanal and hexenal, 2-octenal, 2,4-decadienal, propanal, 2-pentenal, 2,4-heptadienal, 3-hexenal, 2,5-octadienal, 2,4,7-decatrienal, 2-octenal, 2,4-decadienal, 3-nonenal, 2,5-undecadienal, 2,4,7-tridecatrienal, 3,6-dodecadienal, 2,5,8-tetradecatrienal, 2,4,7,10-hexadecatetraenal as the result of enzymatic digestion of polyunsaturated fatty acids and isomers thereof (DeMan, 1999). These aldehydes can be correlated with a variety of flavor - fresh, fruit, bean, and bitter. It is important to notice that antioxidants and phytochemicals contained in plants control the end products of the flavor formation reaction.

The prospects for the use of enzyme theory have been described in patents on including enzymes in processed foods immediately before eating for strengthening taste and aroma. Lipid degradation and availability of polyunsaturated fatty acids for enzymatic oxidation reactions are important factors for the formation of certain flavor components. First, lipids are hard to reach due to their location in the cytoplasmic membrane. Segregation of lipids is correlated with its destruction by means of heating, freezing, or other physical methods. It is plausible to assume that freezing yields better outcomes, since it results not only in destruction of cytoplasmic membrane of the cell, but also in special isomerization of lipids. Furthermore, decreasing the temperature causes a decrease in membrane fluidity, offset by desaturation of membrane lipid in fatty acids caused by desaturases. Such processes in isolated fruits are yet to be studied.

Most of the enzymes are still active after the harvesting of fruits and vegetables and this continuing enzymatic activity upon storage affects their quality [7]. The 10 °C drop in the environmental temperature for isolated ripe fruits is sufficient for activation of the membrane PUFA desaturation and over time one can observe a change in physical properties of the cytoplasmic membrane, such as an increase in the degree of unsaturation of the fatty acid residues in the cellular membranes [8]. Wang et al. (1996) demonstrated that the successful introduction of the yeast Δ -9 desaturase in transgenic tomato plants leads to an increase in levels of palmitoleic acid, 9, 12 - hexadienoic acid, and linoleic acid being accompanied by a decrease in palmitic

acid and stearic acid. Change in the profile of fatty acids is due to a change in certain aromatic compounds derived from fatty acids, namely the cis-3-hexenol, 1-hexanol, hexanal, and cis-3-hexenal. The findings show the change in iodine number in test samples of the fresh homogenates after a short storage and freezing (Figure 1).

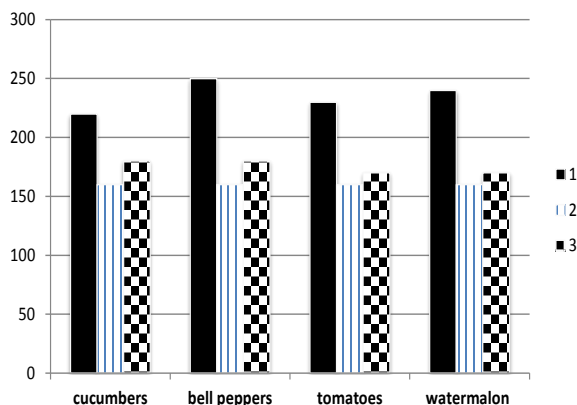


Figure 1. Changes in iodine number of homogenates after freezing (1), fresh (2), after a short storage (3)

The average 75 g increase of iodine number in frozen homogenates as compared to fresh ones is the evidence for the arrangement of double bonds in PUFA and enhanced activity of desaturases. When the cellular systems are damaged by freezing, most of the enzymes exhibit significant activity upon thawing. The reason for this increase in the rate of enzyme-catalyzed reactions is the rupture of the membranes, organelles, particularly sensitive lysosomes, and failure in insulation of enzymes, enzyme substrates, and enzyme activators. Some studies report that lipoxygenase exhibit significant activity after freezing and thawing [9]. Lipoxygenase and hydroperoxide lyase are so closely associated in lysosomes that any extract from homogenates upon thawing contained a critical concentration of both enzymes. In part this increase in the activity of enzymes can be explained by the change in properties of the components of the cytoplasmic membrane. Preliminary preparation by cooling results in adequacy of the enzyme and substrate which positively influences binding energy.

Desaturases prepares the substrate to be influenced by the aroma-forming enzymes and as the result fresh flavor is formed *de novo*. Careful thawing plays an important role in these processes, for instance in microwave oven with low power setting in order not to inactivate enzymes. Lipase, lipoxygenase, and hydroperoxide lyase are then released from lysosomes and mitochondria, while being less accessible in fresh raw materials even after a fairly thin homogenization. The treatment of fresh

homogenates in the microwave field at low power (up to 70 W) causes the change in binding energy influencing the enzyme-substrate complex. The specific heat capacity of a substrate is lower than the heat capacity of water, therefore lipid layers can be rapidly heated in a microwave oven, faster than water. The selective heating of cellular wall components in the microwave field is one of the important factors distinguishing this type of heating.

This paper proposes a flavoring method consisting of several steps (Figure 2).

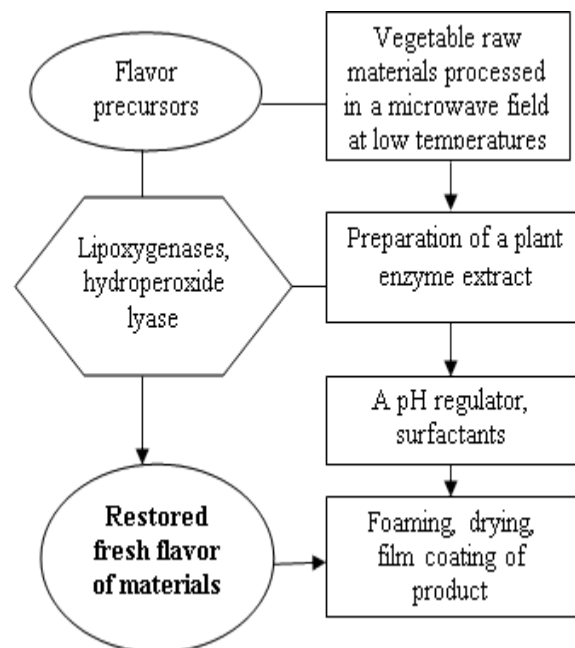


Figure 2. General schematic diagram of the lost flavor recovery

These recommendations are based on the previous studies by this author on the recovery of fresh flavor in heat-treated suspensions of watermelons, cucumbers, sweet peppers, strawberries, and tomatoes. The prepared watermelon suspension containing the 20 g active complex of enzymes is able to restore the lost aroma in 250 gs of the thermally-treated pulp. The reaction time depends on the form of PUFA (micellar, as a detergent complex or as salt) and values of pH determining the degree of carboxyl group dissociation. The reaction time of recovery at optimal combination of all factors is 5-7 minutes.

In the experiments, the flavor-creating complex of enzymes (lipase, lipoxygenase, hydroperoxide lyase) results in the formation of fresh flavors from PUFA cytoplasmic membranes. The enzymatic nature of these processes is confirmed by a small amount of homogenates introduced and a brief reaction time until a persistent flavor.

In order to secure a persistent and pronounced flavor it is necessary to ensure the interphase activation – a large contact surface interaction between the substrate and enzyme. This author used gelatin solutions for the experiments because of their surface-active properties and potential to provide maximum availability of the cytoplasmic membrane substrate to the active centers of enzymes. The probability of a considerable increase of lipase activity in gelatin solution is high enough because molecules of protein in gelatin solution represent natural surface-active nanoparticles possessing properties of nanosystems. Therefore, the final product can be represented by flavored films from gelatin solutions or foam thereof.

For inactivation of enzymes, vegetable homogenates were pre-heated to 85°C; then the possibility to synthesize aromatic components was estimated. The organoleptic analysis demonstrated a substantial difference in samples with active and inactivated enzymes. The researchers were not able to synthesize flavors from precursors upon inactivation of enzymes.

REFERENCES

- 1 Guentert M. The flavour and fragrance industry-past, present, and future. In Berger, R. G. (Ed.). *Flavours and fragrances: chemistry, bioprocessing and sustainability*, Springer, 2007, 649 p.
- 2 Damodaran, S., & Parkin, K. L. (Eds.). *Fennema's food chemistry* (Vol. 4). Boca Raton, FL: CRC press., 2008, 1020 p.
- 3 Reineccius, G. *Flavor chemistry and technology*. CRC press., 2005, 485 p.
- 4 Ceci, L. N., Lozano, J. E. Use of enzymes for non-citrus fruit juice production. In Bayındır, A. *Enzymes in Fruit and Vegetable Processing*, 175, Taylor & Francis Group, 2010, 373 p.
- 5 DeMan, John M. *Principles of food chemistry*, Springer, 1999, 460 p.
- 6 Leone, A., Bleve-Zacheo, T., Gerardi, C., Melillo, M. T., Leo, L., & Zacheo, G. (2006), Lipxygenase involvement in ripening strawberry, *Journal of Agricultural and Food chemistry*, no.54(18), pp. 6835-6844.
- 7 Zhang, C., & Tian, S. (2010), Peach fruit acquired tolerance to low temperature stress by accumulation of linolenic acid and acylphosphatidylethanolamine in plasma membrane, *Food Chemistry*, no.120, vol.3, pp.864-872.
- 8 Los, D. A., Mironov, K. S., & Allakhverdiev, S. I. Regulatory role of membrane fluidity in gene expression and physiological functions, *Photosynthesis research*, 2013, pp.1-21.
- 9 Van Buggenhout, S., Messagie, I., Van der Plancken, I., & Hendrickx, M. Influence of high-pressure-low-temperature treatments on fruit and vegetable quality related enzymes, *European Food Research and Technology*, 2006, no.223, vol.4, pp.475-485.

УДК 637.1:663.874:676.014.33

Доцент Н.В. Неповинных

(ФГБОУ ВПО «Саратовский ГАУ») кафедра технология производства и переработки продукции животноводства.

тел. 8-917-209-309-4

E-mail: nnepovinnykh@yandex.ru

Associate Professor N.V. Nepovinnykh

(Saratov State agrarian university named after N.I. Vavilov) Department of technology of production and processing of livestock products. phone 8-917-209-309-4

E-mail: nnepovinnykh@yandex.ru

Разработка технологических решений при производстве напитков профилактической направленности

Development of technological solutions for the beverage industry preventive orientation

Реферат. Потребность рынка в пищевых продуктах с низким содержанием жира неуклонно возрастает, однако для обеспечения низкожирных продуктов хорошими органолептическими свойствами необходимы новые пищевые ингредиенты и технологические решения. Пищевые гидроколлоиды, полисахариды и молочные белки в настоящее время широко используются в различных отраслях промышленности, в том числе и в молочной отрасли, выполняя различные функции: загущение водных растворов, пенообразование, стабилизацию пен и другие. В работе исследованы функционально-технологические свойства и разработана технология производства новых видов кислородсодержащих напитков (смузи) на основе творожной сыворотки, натуральной фруктово-ягодных соков и пюре и пищевых волокон «Citri-Fi», в том числе некрахмальных полисахаридов (гуаран и ксантановая камедь), способствующих формированию определенной текстуры напитка и в качестве стабилизаторов кислородной пены. При создании новых видов смузи проводили конструирование вкусоароматического профиля напитка; определение рациональных параметров подготовки и внесения пищевых волокон; подбор оптимальной концентрации пищевых волокон для формирования необходимой консистенции (текстуры) напитка; исследование показателей качества и безопасности новых видов напитков и обоснование сроков годности. На основании проведенных исследований установлено, что использование в качестве стабилизаторов структуры кислородных смузи пищевых волокон «Citri-Fi» в концентрациях 0,8 – 1 % и некрахмальных полисахаридов в концентрациях 0,1 – 0,3 % способствует получению пен напитков с достаточно высокой кратностью. Увеличение дозы внесения пищевых волокон в смузи приводит к повышению вязкости и утяжелению системы, напиток плохо взбивается, происходит расслоение продукта на фазы, система становится термодинамически неустойчивой. Разработана технология производства и рецептуры на новые виды смузи с пищевыми волокнами. Профилактическая направленность разработанных кислородсодержащих напитков позволяет включить их в рацион питания больных хронической сердечной недостаточностью, что подтверждено соответствующими исследованиями.

Summary. Market demand for foods with low fat content has been expanding, but for low-fat foods good organoleptic properties need new food ingredients and solutions. Food hydrocolloids, polysaccharides and milk proteins, now are widely used in various industries, including the dairy industry, performing various functions: to thicken aqueous solutions, foaming and stabilizing foams and others. We studied the functional and technological properties and developed technology of new types of oxygen-containing beverages (smoothies) on the basis of cheese whey, natural fruit and berry juices and purees and dietary fibres «Citri-Fi», including non-starch polysaccharides (guar gum and xanthan gum), contributing to the formation of a specific texture and drink as stabilizers oxygen foam. When creating new kinds of smoothies performed construction flavored beverage profile, the definition of rational parameters of preparation and entering dietary fibres; selection of the optimal concentration of dietary fiber for the formation of the desired consistency (texture) drink; study of quality and safety of new types of drinks and justification expiration dates. Based on the studies found that the use as stabilizers structure oxygen smoothie dietary fibres «Citri-Fi» in concentrations of 0.8 – 1 % and non-starch polysaccharides at concentrations of 0.1 - 0.3 % contributes to the production of foams drinks with a sufficiently high magnification. Increasing the dose of dietary fibres in making smoothies viscosity increases and weighting system, drink bad whipped, there is separation of the product into phases, the system becomes thermodynamically unstable. Production technology and recipes for new types of smoothies with dietary fibres. Preventive orientation developed oxygenated drinks allows to include them in the diet of patients with chronic heart failure, which is confirmed by appropriate investigations.

Ключевые слова: пищевые волокна, некрахмальные полисахариды, творожная сыворотка

Keywords: dietary fibres, non-starch polysaccharides, cheese whey

© Неповинных Н.В., 2014

Основной задачей при изготовлении молочных продуктов с пониженным содержанием жира (например, на основе молочной сыворотки) является создание определенной текстуры и высоких органолептических показателей.

Представляло интерес изучить целесообразность использования пищевых волокон для компенсации отсутствия жира, получения маслянистой текстуры и высоких потребительских свойств в напитках на основе творожной сыворотки.

В настоящее время широкое распространение и признание получили напитки нового поколения из свежих фруктов - смузи. Смузи (от англ. smooth – гладкий, мягкий, однородный) - холодный десерт в виде смешанных в блендере или миксере ягод или фруктов с добавлением кусочков льда, сока или молока.

Концепция смузи построена на содержании ягод и фруктов без добавления сахара, подсластителей, консервантов, искусственных ароматизаторов и красителей. В качестве второго компонента может быть добавлено небольшое количество молока или йогурта.

Имея в своем составе высокое содержание фруктов или ягод, а, следовательно, макро- и микроэлементов, витаминов, комплекса нерастворимых пищевых волокон, смузи способствуют очищению организма от шлаков и токсинов, улучшают обмен веществ, нормализуют кислотно-щелочной баланс в организме, укрепляют иммунитет, повышают умственную и физическую работоспособность, придают тонус [1].

В настоящем исследовании представлена технология производства кислородных смузи на основе творожной сыворотки, натуральных фруктово-ягодных соков и пюре с включением в состав готового напитка пищевых полисахаридов различной природы и/или натуральных цитрусовых волокон «Citri-Fi», содержащих в своем составе некрахмальные полисахариды [2, 3].

Текстуро- и волокнообразующие свойства пищевых гидроколлоидов в последнее время привлекают к себе особое внимание, поскольку способствуют здоровому питанию. Все большее число людей считают употребление натуральных продуктов с высоким содержанием пищевых волокон неотъемлемой частью здорового образа жизни [4, 5, 6].

Особенно благотворно воздействие пищевых волокон проявляется в низкокалорийных молочносодержащих продуктах на основе нежирного молочного сырья. Это может быть достигнуто на научно и экспери-

ментально обоснованном использовании гидроколлоидов в качестве стабилизаторов текстуры готовых продуктов.

При создании новых видов смузи исследования проводили в следующих направлениях: конструирование вкусоароматического профиля напитка; определение рациональных параметров подготовки и внесения пищевых волокон; подбор оптимальной концентрации пищевых волокон для формирования необходимой консистенции (текстуры) напитка; разработка технологии и рецептуры продукта; исследование показателей качества и безопасности новых видов напитков и обоснование сроков годности.

Выбор в качестве основы для производства смузи творожной сыворотки обусловлен функционально-технологическими свойствами сывороточных белков. Результаты ранее проведенных исследований показали, что сывороточные белки при аэрировании сыворотки интенсивно флотируют в межфазную поверхность и удерживаются пленками, что связано с их поверхностно-активными свойствами [7].

При изготовлении белково-углеводной основы для смузи разрабатывали вкусоароматический профиль напитков, соответствующий высоким органолептическим показателям, для этого изучали использование в рецептурах основы сочетание творожной сыворотки, ягодных пюре (клубники, смородины и малины) и натуральных соков (яблочно-вишневый и клубничный). По результатам органолептической оценки было установлено, что соотношение творожная сыворотка : ягодное пюре : натуральный фруктово-ягодный сок должно составлять 2:1:1.

Ранее нами установлено [8], что такие нейтральные биополимеры, как гуаран с молекулярной массой 100, 400 кДа и ксантановая камедь, способствуют получению белковых пен с достаточно высокой кратностью и стабильностью при малых концентрациях (0,1-0,2 %). Полученные пены сохраняют высокую кратность в течение 30-40 мин. С увеличением концентрации биополимеров происходит уменьшение кратности пен, полученные пены имеют крупноячеистую структуру и быстро теряют объем. Поэтому для придания определенной текстуры и органолептических показателей разработанным смузи использовали изученные полисахариды. Исследовано влияние концентрации биополимеров в диапазоне 0,1-0,3 % на структурные показатели кислородных смузи.

Предварительно подготовленные навески полимеров вносили в творожную сыворотку при температуре 20-25 °С и оставляли для набухания [9] на 20-30 мин, нагревали на водяной бане при температуре 80-82 °С в течение 10 мин до полного растворения, охлаждали до 20 °С и соединяли с подготовленной смесью протертого фруктово-ягодного пюре и сока.

Смузи взбивали с помощью кислородного миксера «Армед» с одновременным насыщением медицинским кислородом (99,9 % чистого медицинского кислорода) из кислородного баллона.

Исследовали зависимость кратности и стабильности взбитой структуры продукта от массовой доли полимеров в напитке.

Т а б л и ц а 1

Кратность и стабильность кислородных пен напитков в зависимости от природы и концентрации используемых полимеров

Полимер	Концентрация, %	Кратность пены, %	Стабильность, мин
Ксантан	0,1	200	10
	0,2	160	30
	0,3	130	30
Гуаран с молекулярной массой 400 кДа	0,1	230	20
	0,2	224	15
	0,3	200	5

Как видно из таблицы 1, используемые полимеры при малых концентрациях 0,1-0,3 % способствуют образованию взбитой структуры напитка с различной кратностью и стабильностью. С увеличением концентрации полимеров кратность пены снижается в связи с тем, что вязкость системы увеличивается и ухудшается процесс взбивания и насыщения основы кислородом.

При использовании ксантановой камеди был выявлен лучший образец с наибольшей кратностью (200 %) и стабильностью (10 мин), при малой концентрации полимера 0,1 %.

Гуаран с молекулярной массой 400 кДа очень хорошо растворяется в творожной сыворотке, способствует получению пен с высокой кратностью (224 %) и стабильностью (15 мин) при концентрации полимера (0,2 %), с увеличением концентрации полимера наблюдается утяжеление системы и, как следствие, снижение стабильности пены.

Для обогащения кислородных смузи диетическими пищевыми волокнами были использованы пищевые волокна «Citri-Fi», содержащие в своем составе выбранные гидро-

коллоиды. Химический состав волокон [3] представлен в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Химический состав волокон «Citri-Fi»

Показатель	Значение
Всего калорий в 100г	227
Всего жира	1,08 %
Насыщенный жир	0,31 %
Транс жиры	0,00
Мононенасыщенные жиры	0,34 %
Цис полиненасыщенные жиры	0,38 %
Всего углеводов	82,55 %
Общее количество клетчатки	75,3 %
Растворимая клетчатка	39,6 %
Нерастворимая клетчатка	35,7 %
Сахар	5,38 %
Белки	7,38 %
Натрий	40,6 мг в 100г
Зола	2,46 %

На рисунке 1 представлена зависимость кратности пен кислородных напитков от природы стабилизатора.

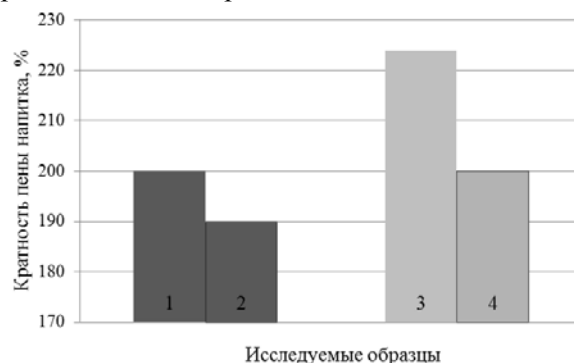


Рисунок 1. Кратность пен кислородных смузи в зависимости от используемого стабилизатора (1 – напиток с ксантаном 0,1 %; 2 – напиток с пищевым волокном «Citri-Fi» 0,8 %, содержащим ксантан; 3 – напиток с гуараном ММ 400 кДа 0,2 %; 4 – напиток с пищевым волокном «Citri-Fi» 1 %, содержащим гуаран)

Исследования показали, что использование в качестве стабилизаторов структуры кислородных смузи пищевых волокон «Citri-Fi» в концентрациях 0,8 – 1 % способствует получению пен напитков с достаточно высокой кратностью. При использовании пищевых волокон в меньших концентрациях готовые продукты не удовлетворяют в суточной потребности пищевых волокон в рационе питания. Увеличение дозы внесения пищевых волокон в смузи приводит к повышению вязкости и утяжелению системы, напиток плохо взбивается, происходит расслоение продукта на фазы, система становится термодинамически неустойчивой.

Реологические характеристики (напряжение сдвига и эффективная вязкость) являются одним из определяющих показателей консистенции при формировании качества смузи.

В работе были изучены реологические свойства разработанных смузи с пищевыми волокнами. Исследования проводили с использованием ротационного вискозиметра «Реотест – 2.1» [10].

На рисунке 2 представлена зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига разработанных напитков.

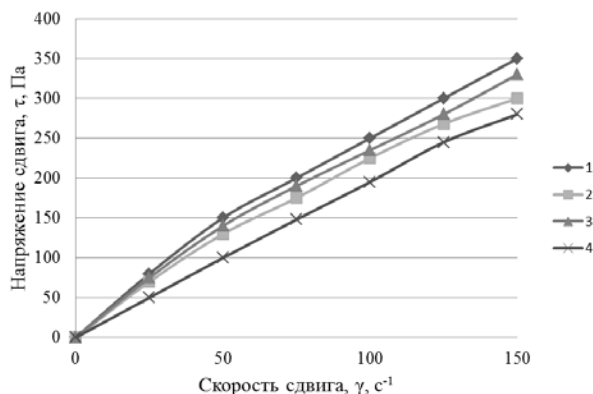


Рисунок 2. Влияние скорости сдвига на напряжение сдвига в исследуемых напитках при 20 °С в зависимости от природы и концентрации используемого стабилизатора: 1 - «Citri-Fi» 0,8 %; 2 - ксантан 0,1 %; 3 - «Citri-Fi» 1 %; 4 - гуаран ММ 400 кДа 0,2 %

Из анализа рисунка 2 следует, что все образцы напитков практически подчиняются линейной зависимости и ведут себя как «ньютоновские» системы.

Зависимость вязкости от скорости сдвига для исследуемых образцов напитков представлена на рисунке 3.

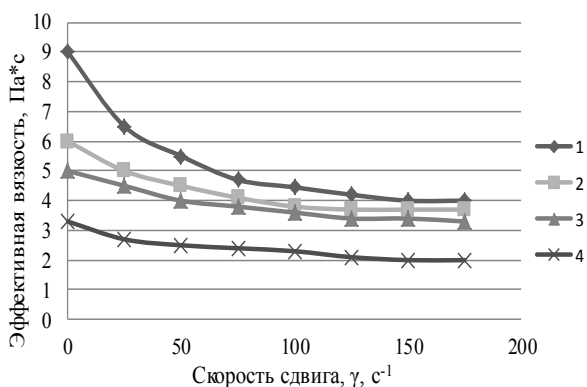


Рисунок 3. Влияние скорости сдвига на эффективную вязкость в исследуемых напитках в зависимости от природы и концентрации используемого стабилизатора: 1 - «Citri-Fi» 0,8 %; 2 - ксантан 0,1 %; 3 - «Citri-Fi» 1 %; 4 - гуаран ММ 400 кДа 0,2 %

По результатам исследований установлено, что благодаря свойствам загущения, пищевые волокна и полисахариды способствовали увеличению вязкости разработанных смузи, в результате чего снижалась скорость истечения жидкости и давление внутри пузырьков пены, что приводило к уменьшению капиллярных явлений и, как следствие, увеличению стабильности пен смузи. Кроме этого, использование полисахаридов для придания однородной вязкой структуры продукта предотвращало седиментацию кусочков ягод в напитке.

Использование цитрусовых волокон «Citri-Fi» при производстве кислородных смузи позволило улучшить вкусовые свойства и консистенцию напитков, обогатить продукт полезными для здоровья человека пищевыми волокнами, обеспечить равномерное распределение частиц ягодного пюре в структуре продукта, усиливая тем самым вкус ягодного сырья.

На основании проведенных исследований разработана технология производства кислородных смузи с пищевыми волокнами.

Рецептура для производства кислородных смузи с пищевыми волокнами «Citri-Fi» представлена в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Рецептура кислородных смузи

Компоненты	Расход сырья, кг
Сыворотка творожная	500,0
Сок фруктово-ягодный	240,0
Ягодное пюре	250,0
Пищевое волокно «Citri-Fi»	10,0
Итого	1000,0

По микробиологическим показателям и показателям безопасности разработанные смузи отвечали требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01.

Совместно с сотрудниками ФГБУ «Саратовский НИИ кардиологии» Минздрава России проведена оценка функционального питания в виде приема новых видов кислородсодержащих напитков на состояние здоровья и качество жизни больных хронической сердечной недостаточностью.

Доказана целесообразность и эффективность энтеральной оксигенотерапии при приеме больными кислородных смузи, отмечена хорошая переносимость процедур, отсутствие побочных реакций и разработана оптимальная методика лечения.

Работа проведена в рамках гранта Президента Российской Федерации № 14.124.13.3731-МК.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кочеткова А.А., Грызлова В.В., Филатова И.А. Смуси нового поколения // Пищевая промышленность. 2013. № 3. С. 8-13.
- 2 Птичкин И.И., Птичкина Н.М. Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность. Саратов: ГУП «Типография № 6», 2012. 96 с.
- 3 Шестопалова Н.Е. Волокна «Citri-Fi» - залог качества продукции // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2010. № 5-6. С. 42.
- 4 Ипатова Л.Г. Научное обоснование и практические аспекты применения пищевых волокон при разработке функциональных пищевых продуктов: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.18.15. М.: МГУТУ, 2011. 364 с.
- 5 Антипова Л.В., Воронкова Ю.В. Разработка рецептуры фаршей мясных с применением пищевых волокон Ecolight native // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4. С. 111-114.
- 6 Добровольский В.Ф. и др. Разработка обогащенных зерновых экструдированных продуктов // Пищевая промышленность. 2012. № 5. С. 20-21.
- 7 Остроумова Т.Л., Просеков А.Ю. Влияние белковых веществ на пенообразующие свойства молока // Известия вузов. Пищевая технология. 2007. № 2. С. 43 – 46.
- 8 Неповинных Н.В., Грошева В.Н., Птичкина Н.М. Использование биополимеров для стабилизации белковой кислородной пены // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4. С. 197-199.
- 9 Родионова Н.С., Глаголева Л.Э., Климова Е.А. Определение параметров процесса набухания компонентов комплексной добавки для производства кислородного коктейля // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 6. С. 61-62.
- 10 Мачехина Ю.А. Реометрия пищевого сырья и продуктов: справочник. М.: Агропромиздат, 1990. 271 с.

REFERENCES

1. Kochetkova A.A., Gryzlova V.V., Filatova I.A. Smoothie new generation. *Pivo i napitki*. [Food and Beverage], 2013, no. 3, pp. 8-13. (In Russ.).
2. Ptichkin I.I., Ptichkina N.M. Pishchevye polisaharidy: strukturnye urovni i funktsionalnost' [Food polysaccharides: structural levels and functionality]. Saratov, Tipografiya № 6, 2012. 96 p. (In Russ.).
3. Shestopalova N.E. Fibres «Citri-Fi» - a deposit product quality. *Konditerskoe i khlebopekarnoe proizvodstvo*. [Confectionery and bakery production], 2010, no. 5-6, pp. 42. (In Russ.).
4. Ipatova L.G. Nauchnoe obosnovanie i prakticheskoe primenenie pishchevykh volokon pri razrabotke funktsionalnykh pishchevykh produktov. Diss. doct. tekhn. nauk [Scientific basis and practical aspects of dietary fiber in the development of functional foods. Dr. tech. sci. diss.]. Moscow, 2011. 364 p. (In Russ.).
5. Antipova L.V., Voronkova L.V. Development the formulation of minced meat with the use of dietary fiber ecolight native. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4, pp. 111-114. (In Russ.).
6. Dobrovol'skii V.F. et al. Development of enriched grain extruded products. *Pivo i napitki*. [Food and Beverage], 2012, no. 5, pp. 20-21. (In Russ.).
7. Ostroumova T.L., Prosekov A.Iu. The influence of proteins on the foaming properties of milk. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiya*. [Proceedings of the universities. Food technology], 2007, no. 2, pp. 43 - 46. (In Russ.).
8. Nepovinnykh N.V., Grosheva V.N., Ptichkina N.M. Using biopolymers to stabilize the protein oxygen foam. *Vestnik VGUIT* [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4, pp. 197-199. (In Russ.).
9. Rodionova N.S., Glagoleva L.E., Klimova E.A. Determination of parameters of the swelling process components of a comprehensive supplement for the production of oxygen cocktail. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural], 2012, no.6, pp. 61-62. (In Russ.).
10. Machekhina Iu.A. Reometria pishchevogo syr'ia i produktov [Rheometry of food raw materials and products]. Moscow, Agropromizdat, 1990. 271 p. (In Russ.).

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

УДК 666.964.34

Профессор П.С. Беляев, доцент О.Г. Маликов,
аспирант С.А. Меркулов, аспирант В.А. Фролов
(Тамбовский государственный технический университет) кафедра переработка
полимеров и упаковочное производство
тел. (4752) 63-51-74
E-mail: polymers@asp.tstu.ru

Professor P.S. Beliaev, associate Professor O.G. Malikov,
graduate S.A. Merkulov, graduate V.A. Frolov,
(Tambov state technical university) Department of polymer processing and packing production
phone (4752) 63-51-74
E-mail: polymers@asp.tstu.ru

Решение проблемы утилизации отходов резинотехнических изделий путем модификации дорожных вяжущих

Solution to the problem waste rubber products by modifying the road binders

Реферат. В статье рассмотрена проблема утилизации отходов резиновой промышленности путем их вторичной переработки, позволяющей сохранить запасы ценного каучукового сырья и оздоровить окружающую нас среду. Рассмотрены вопросы осуществления процессов термической девулканизации резиновой крошки из резинотехнических изделий с последующим использованием полученного материала (регенерат резиновой крошки) в качестве модификатора для повышения качества дорожного вяжущего. Проведены исследования влияния технологических параметров термической девулканизации (температуры и времени выдержки) на степень девулканизации резиновой крошки. Рассмотрен вопрос выбора экологичных агентов девулканизации и мягчителей, позволяющих ускорить протекание процесса. Проведены исследования модификации дорожного вяжущего регенератами резиновой крошки, полученными при различных условиях. Оценена степень влияния содержания регенерата резиновой крошки на физико-механические показатели дорожного вяжущего на основе битума марки БНД 60/90. Проведенные исследования показали, что физико-механические свойства модифицированного битума удовлетворяют нормам битумнорезиновых вяжущих в соответствии с рекомендациями фирмы «БИТРЕК»: введение регенерата резиновой крошки в состав дорожного вяжущего приводит к повышению температуры размягчения и появлению эластичности у вяжущего по сравнению с исходным битумом, при этом значения пенетрации и растяжимости находятся в допустимых пределах. Таким образом, использование вторичных материалов позволяет снизить стоимость получаемого вяжущего для дорожного покрытия по сравнению с аналогами.

Summary. The article considers the problem of waste rubber industry through their recycling, compelling stakeholders to keep stocks of valuable raw rubber and improve our environment. The questions of the processes of thermal devulcanization of rubber crumb rubber products, and then use the resulting material (reclaimed rubber crumb) as a modifier to improve the quality of road binder. The effect of technological parameters devulcanisation thermal (temperature and exposure time) on the degree of devulcanization of crumb rubber. The question of the choice of environmentally friendly agents and emollients devulcanisation to speed the process flow. Researches modifications road binder Reclaimed rubber crumbs obtained under different conditions. The degree of influence of the content of reclaimed rubber crumb on the physico-mechanical properties of road binder bitumen BND 60/90. Studies have shown that the physical and mechanical properties of modified bitumen conform to standards of rubber bitumen binders in accordance with the recommendations of the firm "BITREK": introduction regeneration rata crumb rubber binder in the road leads to an increase in the softening temperature and the appearance of elasticity in the binder compared to the original bitumen and the values of penetration and elongation are within acceptable limits. Thus, the use of recycled materials, reduces the cost of producing a binder for pavement compared to peers.

Ключевые слова: модификация битума, регенерат резиновой крошки, вторичные полимерные материалы

Keywords: modification of bitumen, reclaimed rubber crumb, secondary polymeric materials

© Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А.,
Фролов В.А., 2014

В настоящее время проблеме поиска эффективного пути утилизации твердых бытовых отходов из полимерных материалов, в том числе и резинотехнических, уделяется все большее внимание. Проблема утилизации резиносодержащих отходов и, в частности, изношенных автомобильных шин (т.к. их накопление остается одной из важнейших экологических проблем) остается актуальной, несмотря на совершенствование технологии производства новых изделий и их вторичной переработки. Складирование и захоронение отходов полимеров экономически неэффективно и экологически небезопасно, т. к. при длительном хранении они могут выделять в окружающую среду вещества, способные привести к нарушению экологического равновесия. Одним из наиболее эффективных методов утилизации полимерных отходов является их использование в процессе модификации дорожных вяжущих. Перспективным направлением утилизации резиносодержащих отходов, в частности, изношенных автомобильных шин, является получение девулканизата резиновой крошки для последующего формования резинотехнических изделий (РТИ). Данные направления утилизации могут быть взаимосвязаны, так как девулканизат резиновой крошки и может быть использован в качестве модификатора для дорожных вяжущих, и позволяет заменить дорогостоящие первичные каучуковые компоненты.

По данным Европейской Ассоциации по вторичной переработке шин (ЕТРА) общий вес изношенных, но непереработанных шин в развитых странах составляет 7,3 млн. тонн в год, а во всем мире порядка 10 млн. тонн в год (рисунок 1) [1].

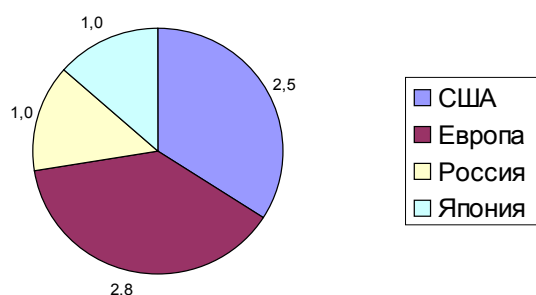


Рисунок 1. Количество изношенных автомобильных шин (млн. тонн) в развитых странах по данным Европейской Ассоциации по вторичной переработке шин (ЕТРА)

Объем их переработки методом измельчения не превышает 10 %. Большая часть собирае-

мых шин (20 %) используется как топливо. Вышедшие из эксплуатации изношенные шины являются источником длительного загрязнения окружающей среды. Вместе с тем, амортизированные автомобильные шины содержат в себе ценное сырье: каучук, металл, текстильный корд.

Проблема переработки изношенных автомобильных шин и вышедших из эксплуатации резинотехнических изделий имеет большое экологическое и экономическое значение для всех развитых стран мира. Невосполнимость природного сырья диктует необходимость использования вторичных ресурсов с максимальной эффективностью.

Именно вторичная переработка, а не захоронение и сжигание твердых бытовых отходов из полимерных материалов, в том числе резинотехнических, позволит сохранить природные запасы ценного сырья, стимулировать развитие ресурсосберегающих, дешевых технологий, а также очистить и оздоровить окружающую нас среду [2].

В наших исследованиях для улучшения качества дорожного вяжущего применялся девулканизат шинной резиновой крошки, полученный термическим способом при различных технологических параметрах [3].

Предварительно измельченная резина и отделенная от металлических и иных включений смешивалась с мягчителями и агентами девулканизации, и помещалась в термокамеру, нагретую до заданной температуры. В качестве мягчителя и агента девулканизации выбраны мазут и стеариновая кислота соответственно. Мазут как мягчитель имеет наибольшее сродство с битумом, что важно учитывать, поскольку регенерат будет использоваться в качестве модификатора для битума. Из широкого класса материалов-активаторов стеариновая кислота не обладает токсическими действиями и не дает побочных последствий и эффектов при проведении процесса девулканизации. В результате термической обработки смеси при повышенных температурах происходит разрыв связей S-S и C-S.

Полученный регенерат использовался в процессе модификации битума марки БНД 60/90 на лабораторном смесителе периодического действия, принцип действия которого описан в работе [4].

Данные по физико-механическим показателям битума, модифицированного девулканизатом резиновой крошки, представлены на рисунке 2.

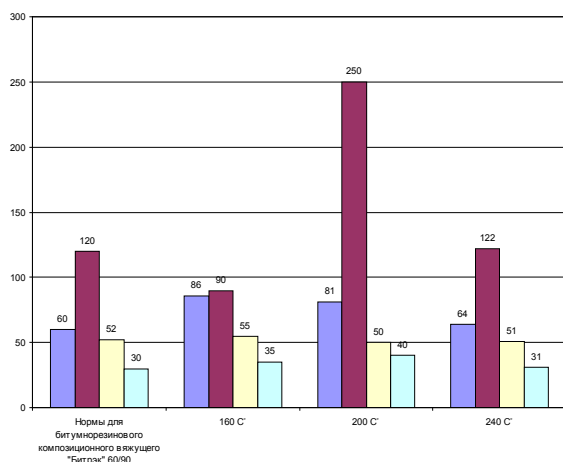


Рисунок 2. Физико-механические показатели битума марки БНД 60/90 модифицированного регенератом шинной крошки, полученным термическим способом

Введение регенерата шинной крошки в дорожное вяжущее приводит к появлению эластичности вяжущего в пределах 30 – 40 %.

ЛИТЕРАТУРА

1 Технология утилизации автомобильных шин, а также их восстановление [Электронный ресурс]. ЭкоРезина. 2013. Режим доступа: <http://www.ecorezina.ru/information/articles/utilizaciya.aspx> (14 апреля 2013).

2. Пугачева И.Н., Черных О.Н., Никулин С.С. Влияние природы коагулирующих агентов и волокнистого наполнителя на свойства резиновых смесей и вулканизатов на основе каучука СКС-30 АРК // Вестник ВГУ-ИТ. 2013. № 2. С. 153-155.

3 Беляев П.С., Забавников М. В., Маликов О. Г., Волков Д. С. Исследование влияния резиновой крошки на физико-механические показатели нефтяного битума в процессе его модификации // Вестник ТГТУ. 2005. Т. 11. № 4. С. 923-930.

4. Беляев П.С., Маликов О.Г., Меркулов С.А., Полушкин Д.Л. и др. Модификация дорожного битума термоэластопластом ДСТ совместно с полиэтиленом // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. 2012. № 39. С. 184 - 189.

5 Битумнорезиновое композиционное вяжущее Битрэк, его свойства и особенности. [Электронный ресурс]. ООО НПП «Инфотех» 2013. Режим доступа: <http://www.bitrack.ru/index.php?p=3-3.html> (14 апреля 2013).

Эластичность вяжущего обуславливается тем, что при модификации происходит частичное растворение каучуковой девулканизированной части это способствует снижению колееобразования в дорожном покрытии. Оставшаяся часть регенерата при этом служит эластичным демпфирующим наполнителем, который замедляет процессы трещинообразования получаемого дорожного покрытия. Показатели температуры размягчения, дуктильности и пенетрации битума, модифицированного регенератом шинной крошки, остаются в пределах норм битумнорезинового композиционного вяжущего «Битрэк» [5], но при этом вяжущее имеет меньшую себестоимость.

Исходя из исследований, можно сделать вывод о целесообразности использования регенерата резиновой крошки для модификации дорожных вяжущих в качестве заменителя первичных каучуковых материалов, что позволяет снизить себестоимость произведенного продукта.

REFERENCES

1 Tekhnologiya utilizatsii avtomobilnykh shyn, a takzhe ikh vosstanovlenie [Tire recycling technology, as well as recovery]. EkoRezina. 2013. Available at: <http://www.ecorezina.ru/information/articles/utilizaciya.aspx> (Accessed 14 April 2013) (In Russ.).

2 Pugacheva I.N., Chernykh O.N., Nikulin S.S. Influence of the nature of the coagulating agents and fiberfill on the properties of rubber compounds and vulcanizates based rubber SKS-30 ARK. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 2, pp. 153-155. (In Russ.).

3 Beliaev P.S., Zabavnikov M.V., Malikov O.G., Volkov D.S. Investigation of the effect of crumb rubber on the physico-mechanical properties of bitumen in the process of modification. *Vestnik TGTU*. [Bulletin of TSTU], 2005, vol. 11, no. 4, pp. 923-930. (In Russ.).

4 Beliaev P.S., Malikov O.G., Merkulov S.A., Polushkin D.L. et al. Modification of bitumen thermoplastic elastomer DST together with polyethylene. *Voprosy sovremennoi nauki i praktiki*. [Questions of modern science and practice], 2012, no. 39, pp. 184 - 189. (In Russ.).

5 Bitumnorezinovoe kompozitsionnoe viazhushchee Bitrek, ego svoistva i osobennosti [Bitumen-rubber compositional Bitrek astringent, properties and characteristics]. NPG LLC "Infotech". 2013. Available at: <http://www.bitrack.ru/index.php?p=3-3.html> (Accessed 14 April 2013). (In Russ.).

Профессор С.И. Нифталиев, доцент Л.В. Лыгина,
доцент Ю.С. Перегудов, аспирант Л.А. Прокофьева
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра неорганической химии и химической технологии
тел. 8(473)255-38-87
E-mail: Llw000@yandex.ru

Professor S.I. Niftaliev, associate Professor L.V. Lygina,
associate Professor Iu.S. Peregudov, graduate L.A. Prokof'eva
(Voronezh state university of engineering technology) Department of inorganic chemistry and
chemical technology
phone. 8(473)255-38-87
E-mail: Llw000@yandex.ru

Исследование реологических свойств композиций на основе ПВХ

Investigation rheological properties of PVC-based

Реферат. Получен гидрофобный наполнитель композиций на основе ПВХ из карбоната кальция, который является побочным продуктом при получении минеральных азотных удобрений. Приводится методика предварительной обработки мела, используемого в качестве наполнителя композиций ПВХ. Проведено модифицирование свойств мела гидрофобными добавками: стеариновой кислотой, стеаратом цинка, стеаратом кальция. При обработке мела стеариновой кислотой нагревание приводит к взаимодействию с поверхностными слоями карбоната кальция; образуется тонкая пленка стеарата кальция. Поэтому экономически более эффективно создавать композиции ПВХ с однопроцентным содержанием стеарата кальция, так как его гидрофобная поверхность легко смачивается полимерной матрицей, что обеспечивает быстрое смешение композиций ПВХ. В результате наполнитель служит дополнительным стабилизатором, обеспечивающим более высокую термостабильность изделий из ПВХ, по сравнению с ее значениями для состава с другими сравниваемыми ингредиентами. Экструзивные процессы, которые являются основными в переработке наполненных ПВХ композиций за счет действия в них наполнителя, повышают фракционный нагрев, ускоряют плавление и повышают выход. Изучены реологические свойства созданных полимерных композиций ПВХ. Значительное снижение вязкости отмечено для гидрофобизатора на основе стеариновой кислоты. Изучение вязкостных характеристик для гидрофобизирующих добавок показало, что их активность возрастает в ряду: стеарат цинка, стеарат кальция, стеариновая кислота. Установлено, что модифицирующие добавки, используемые при получении гидрофобного карбонатного наполнителя композиций из ПВХ, проявляют одновременно пластифицирующие и стабилизирующие свойства.

Summary. Obtained hydrophobic filler compositions based on PVC from calcium carbonate, which is a byproduct in the preparation of mineral nitrogen fertilizers. The methods for pretreatment of the chalk used as a filler in PVC compositions. Conducted modifying the properties of chalk with hydrophobic additives: stearic acid, zinc stearate, calcium stearate. When stearic acid treated chalk heating leads to an interaction with the surface layers of calcium carbonate, a thin film of calcium stearate. Therefore, more cost-effective to create compositions with PVC content of one percent of calcium stearate as its hydrophobic surface is easily wetted by the polymer matrix, which provides rapid mixing of PVC compounds. As a result, the excipient serves as an additional stabilizer, providing higher thermal stability of PVC products, compared with its values for the composition of the compared with the other ingredients. Extrusion processes that are central to the processing of PVC compounds filled by acting them filler, fractional increase heat and accelerate melting and increase output. The rheological properties of polymeric compositions created PVC. A significant reduction in viscosity observed for water repellent based on stearic acid. Study viscosity characteristics for hydrophobic additives showed that their activity increased in the series: zinc stearate, calcium stearate, stearic acid. It was established that modifying additives used in the preparation of hydrophobic carbonate filler PVC compositions exhibit both plasticizers and stabilizing properties.

Ключевые слова: реологические свойства ПВХ, мел химически осажденный, гидрофобные наполнители.

Keywords: rheological properties of PVC, chalk chemically precipitated, hydrophobic fillers.

Процесс создания гидрофобных неорганических наполнителей, применяемых в полимерных композициях ПВХ, зависит от состава и свойств наносимых на поверхность наполнителя веществ. Их вклад сводится к способности структурных особенностей наносимых соединений образовывать мономолекулярные слои. Сейчас в качестве соединений, обладающих гидрофобными свойствами, применяют преимущественно кремнийорганические жидкости. Однако достаточно используемыми остаются стеариновая кислота и ее соли. Значение этих компонентов полимерной компо-

зиции велико не только в обеспечении гидрофобизирующего действия, но и в процессе переработки соответствующих пластических масс обеспечивать при определенных концентрациях стабилизирующий и смазывающий эффекты. При высоких температурах переработки продолжают образовываться тончайшие мономолекулярные слои, благодаря чему сохраняются паро- и газопроницаемость изделий из ПВХ в требуемых количествах [1].

© Нифталиев С.И., Лыгина Л.В., Перегудов Ю.С., Прокофьева Л.А., 2014

Для каждого материала существует оптимальное соотношение, которое влияет на формирование полимерной матрицы и обеспечивает эффективное наполнение композиции [2]. Выбор того или другого гидрофобизатора определяется свойствами полимера и входящих в состав композиции различных добавок. Следовательно, композиционные материалы и в большинстве случаев наполненные полимеры представляют собой гетерогенную двухфазную систему, в которой компоненты каждой фазы сохраняют свою индивидуальность [3].

В ходе исследования был получен гидрофобный карбонатный наполнитель полимерных композиций на основе ПВХ и проведено модифицирование его свойств. Мел подвергали гидрофобизации посредством нанесения на поверхность его частиц поверхностно-активных веществ. Карбонат кальция, используемый нами в работе, является побочным продуктом при получении минеральных азотных удобрений из природного сырья, имеет примеси и высокую степень дисперсности (около 90 мкм). В начале он подвергался обработке, которая включает в себя 2 этапа: сушка и измельчение. Сушку карбоната кальция проводили при 200 °С в течение 2 часов, что позволило привести значение содержания остаточной влаги до значения 0,1 % и удалить из его состава аммиак, который испаряется. Затем карбонат кальция измельчали в шаровой мельнице. Гидрофобизацию проводили модифицирующими добавками: стеариновой кислотой,

стеаратом цинка, стеаратом кальция и их смесями в количестве до 2 % от массы мела. Просеянный и измельченный химически осажденный мел нагревался при 100 °С, а затем смешивался с гидрофобными компонентами в смесителе. На основе полученного гидрофобного наполнителя подготовлены к изучению реологических свойств ПВХ композиции, наполненные гидрофобизированным мелом (ПВХ – 100 мас. ч., гидрофобный мел – 50 мас. ч.). Мел, гидрофобизированный соответствующими количествами модификаторов (0,5 %, 1 %, 1,5 % стеариновой кислотой, стеаратами кальция и цинка), вносили в скоростной смеситель, а затем добавляли ПВХ-С-0805 и продолжали перемешивать в течение 2 минут.

Были изучены реологические свойства созданных полимерных композиций ПВХ. Вязкость определяли на реометре Smart Rheo-1000 с программным обеспечением «CeastVIEW 5.94-4D», температура 170 °С, при изменении скоростей сдвига (рисунок 1).

Исходные смеси полимерных материалов характеризуются коэффициентом упаковки, т.е. объемным содержанием наполнителя, когда все промежутки между частицами заполнены полимерной матрицей. Коэффициент упаковки карбоната кальция заметно повышается при обработке поверхности стеариновой кислотой или стеаратами кальция, цинка (обычно с массовой долей 1 %), что делает возможным высокое содержание наполнителя при данной вязкости процесса.

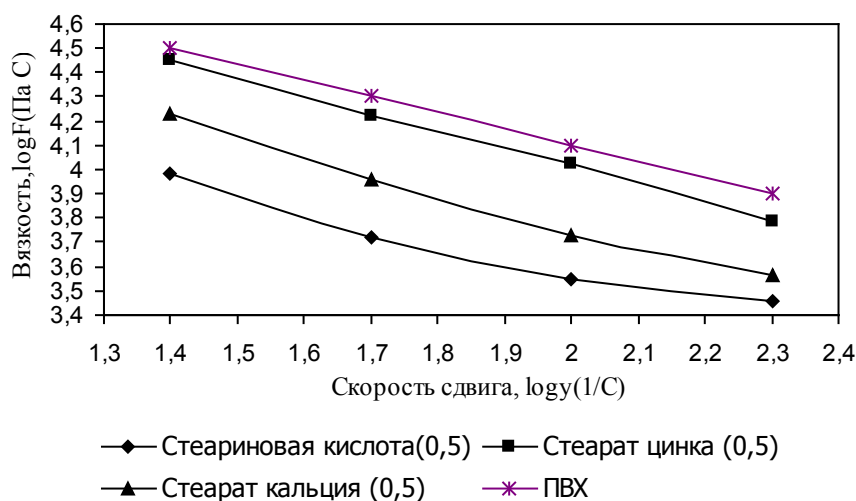


Рисунок 1. Зависимость логарифма вязкости от скорости сдвига для композиций на основе ПВХ-С-0805

При обработке мела стеариновой кислотой нагревание приводит к взаимодействию с поверхностными слоями карбоната кальция; образуется тонкая пленка стеарата кальция. Поэтому в некоторых случаях экономически более эф-

фективно создавать композиции ПВХ с 1 % содержанием стеарата кальция, при обработке которым его гидрофобная поверхность легко смачивается полимерной матрицей, что обеспечивает быстрое смешение композиций ПВХ. Незави-

симо от обработки поверхности карбонат кальция сохраняет группы $-Ca-OH$, что приводит к образованию щелочной среды. В результате наполнитель служит дополнительным стабилизатором, обеспечивающим более высокую термостабильность изделий из ПВХ по сравнению с ее значениями для состава с другими сравниваемыми ингредиентами. Экструзивные процессы, которые являются основными в перера-

ботке наполненных ПВХ композиций за счет действия в них наполнителя, повышают фракционный нагрев, ускоряют плавление и повышают выход. На рисунке 2 представлены зависимости давления от скорости сдвига для композиций на основе ПВХ-С-0805, наполненных мелом, модифицированным стеариновой кислотой, стеаратом кальция и стеаратом цинка.

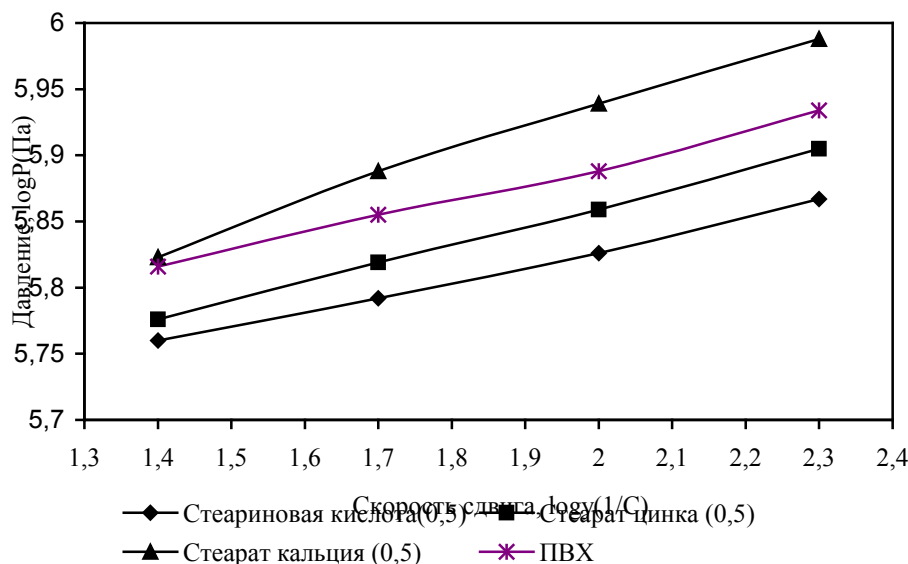


Рисунок 2. Зависимость давления от скорости сдвига для композиций на основе ПВХ-С-0805

Очевидно, что для стеариновой кислоты при проведении гидрофобизации с карбонатом кальция при 100 °С происходят процессы, связанные с упрочнением матрицы полимера и приводящие к покрытию поверхностных слоев мела стеаратом кальция. Подобное явление наблюдается для наполненных мелом композиций, что обеспечивает снижение вязкости. Установлено, что стеаратные группы не совместимы с кристаллическим кальцитом и располагаются на поверхности твердой фазы карбоната кальция.

Таким образом, значительное снижение вязкости отмечено для гидрофобизатора на основе стеариновой кислоты. Изучение вязкостных характеристик для гидрофобизирующих добавок показало, что их активность возрастает в ряду: стеарат цинка, стеарат кальция, стеариновая кислота. Установлено, что модифицирующие добавки, используемые при получении гидрофобного карбонатного наполнителя композиций из ПВХ, проявляют одновременно пластифицирующие и стабилизирующие свойства.

ЛИТЕРАТУРА

1 Перегудов Ю.С., Нифталиев С.И., Корчагин В.И., Лыгина Л.В. и др. Энтальпия взаимодействия гидрофобного мела с водой // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2012. Т. 55. № 5. С. 42-44.

2 Гузеев В.В., Мозжухин В.Б., Мухина Т.П., Милов В.И. и др. Исследование реологических и физико-механических свойств композиций на основе ПВХ и наноразмерного карбоната кальция // Пластические массы. 2008. № 6. С.33-36.

3 Нифталиев С.И., Лыгина Л.В., Перегудов Ю.С., Богунов С.И. и др. Изучение влияния дисперсности химически осажденного карбоната кальция на свойства ПВХ-композиций // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2012. Т. 55. № 2. С. 64-66.

REFERENCES

1 Peregudov Yu.S., Niftaliev S.I., Korchagin V.I., Lygina L.V. et al. Hydrophobic interaction enthalpy chalk with water. *Izvestiia vuzov. Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia*. [News of higher educational institutions. Chemistry and Chemical Engineering], 2012, vol. 55, no. 5, pp. 42-44. (In Russ.).

2 Guzeev V.V., Mozhukhin V.B., Mukhina T.P., Milov V.I. et al. The study of the rheological and physico-mechanical properties of composites based on PVC and nano-sized calcium carbonate. *Plasticheskie massy*. [Plastics], 2008, no. 6, pp. 33 -36. (In Russ.).

3 Niftaliev S.I., Lygina L.V., Peregudov Yu.S., Bogunov S.I. et al. Study of the influence of dispersion of chemically precipitated calcium carbonate on the properties of PVC compounds. *Izvestiia vuzov. Khimiia i khimicheskaiia tekhnologiia*. [News of higher educational institutions. Chemistry and Chemical Engineering], 2012, vol. 55, no. 2, pp. 64-66. (In Russ.).

УДК 543.613

Профессор Т.А. Кучменко, аспирант Е.В. Дроздова,
студентка А.Ю. Найдыш

(Воронеж гос. ун-т инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии
тел. (473) 255-07-62
E-mail: berd13nikova@rambler.ru

Professor T.A. Kuchmenko, graduate E.V. Drozdova,
student A. Iu. Naidysh

(Voronezh state university of engineering technology.) Department of physical and analytical chemistry. phone (473) 255-07-62
E-mail: berd13nikova@rambler.ru

Экспрессный способ оценки безопасности изделий из фенолформальдегидных пластмасс

Rapid way to assess the safety of products from phenol-formaldehyde plastics

Реферат. Разработан экспрессный способ определения легколетучих компонентов в изделиях из фенолформальдегидных пластмасс путем детектирования их в равновесной газовой фазе с применением массива пьезосенсоров. В идентичных условиях изучена сорбция паров веществ-маркеров, которые являются основными загрязняющими веществами, диффундирующими в воздух из бытовых полимерных изделий. Подобран массив из 8 пьезосенсоров, обеспечивающий минимальное влияние паров воды на результаты микровзвешивания; максимальную чувствительность к одному/нескольким классам органических соединений; идентификацию фенола/формальдегида в смесях. Разработан способ оценки уровня эмиссии фенола, формальдегида, толуола, ацетона из бытовых полимерных изделий с применением массива пьезосенсоров. Предложено ранжирование образцов непищевых полимеров на группы по степени опасности с учетом суммарного содержания легколетучих органических соединений и наличия фенола/формальдегида. Правильность определения фенола в полимерах проверена по стандартной спектрофотометрической методике с 4-аминоантипирином, показана удовлетворительная сходимость результатов обоих способов. Предложенный способ позволяет существенно снизить экономические и временные затраты на проведение анализа и расширить аналитическую информацию о содержании других легколетучих веществ за одно измерение.

Summary. An express method for determining of volatile components in the products of phenol-formaldehyde plastics is developed by detecting them in the equilibrium gas phase using the piezosensors array. The sorption of substances-marker vapor which are the main pollutants in the air diffusing from plastic household products has been studied under identical conditions. The array of 8 piezosensors is selected providing minimal impact of water vapor on the microbalance results; maximum sensitivity to one / several classes of organic compounds; identification of phenol / formaldehyde in the mixtures. A method of evaluation the level of emissions of phenol, formaldehyde, toluene, acetone from household plastic products is developed using the piezosensors array. It has been proposed the ranking samples nonfood polymers into groups according to the danger degree based on the total content of volatile organic compounds and the presence of phenol / formaldehyde. Accuracy of the phenol determination in polymers is verified by standard spectrophotometric method with 4-aminoantipyrine, it is shown the results of both methods satisfactorily converge. The proposed method can significantly reduce the economic and time costs on analysis and expand the analytical information about the content of other volatile substances in a single measurement.

Ключевые слова: анализ, безопасность, пластмассы, фенол, формальдегид, пьезосенсоры, «электронный нос»

Keywords: analysis, safety, plastics, phenol, formaldehyde, sensors, "electronic nose"

С развитием индустрии строительных материалов и технологий значительно увеличилась нагрузка на человека в закрытых (жилых, офисных) помещениях. В 70-х годах XX века ВОЗ впервые ввела термин «синдром больных зданий» (СБЗ), однако проблема загрязнения воздуха в закрытых помещениях, не связанная с антропогенной деятельностью человека, не теряет своей остроты до настоящего времени [1]. В пластиковых изделиях содержатся различные компоненты, при эмиссии оказывающие негативное воздействие на здоровье человека.

К наиболее опасным легколетучим компонентам полимерных изделий относятся, в частности, стирол, ксилол, фенол, винилхлорид, формальдегид [1, 2]. Производство фенолформальдегидных полимеров составляет около 95 % от общего числа феноло-альдегидных полимеров [3]. Серьезным недостатком изделий из них является их слабая светостойкость и запах, определяемые содержанием в них некоторого количества свободного фенола и формальдегида.

© Кучменко Т.А., Дроздова Е.В., Найдыш А.Ю., 2014

Кроме неприятного запаха, постоянная эмиссия фенола и формальдегида, относящихся соответственно ко II и I классам опасности, нарушают экологический климат в закрытом помещении, что является одной из основных причин развития заболеваний категории «синдрома больных зданий».

Стандартные методики определения уровня эмиссии мономеров из полимерных материалов, например, фенола и формальдегида согласно ГОСТ 11235-75 [4] и ГОСТ 16704-71 [5], включают многостадийную подготовку пробы, трудоемкие операции с использованием широкого набора реактивов и лабораторной посуды, приборов, часто длительны, имеют ограничения по уровню детектирования определяемых веществ [6, 7].

При рутинном анализе и, особенно, в режиме «на месте», во внелабораторных условиях, доминирующее значение приобретает количество и время проведения всех операций, поэтому актуальна разработка более простых, менее реактивовзатратных способов оценки уровня эмиссии загрязняющих веществ в воздух из бытовых изделий, которые могут стать источниками экологической опасности. Быстрая оценка уровня эмиссии мономеров из полимерных изделий возможна по составу равновесной газовой фазы (РГФ) над ними, а в помещении – вблизи поверхности.

Перспективным направлением детектирования легколетучих веществ и токсичных газов является применение анализаторов с методологией «электронный нос», в том числе на основе химических пьезосенсоров [8]. С этими приборами возможно установление интегрального (общее содержание легколетучих соединений) и дифференциального (отдельные группы соединений) состава легколетучей фракции пробы, по которому возможно оценить безопасность бытовых полимерных изделий и уровень очистки от мономеров на производстве.

Цель исследования – разработка нового способа экспрессного определения легколетучих веществ, диффундирующих из фенолформальдегидных пластмасс, с применением системы «пьезоэлектронный нос» на основе 8 пьезосенсоров.

Исследования проводили на анализаторе газов «МАГ-8» (Россия) [8]. В качестве веществ-маркеров уровня эмиссии свободных легколетучих соединений из фенолформальдегидных пластмасс и для подбора массива пьезосенсоров в «МАГ-8» применяли равновесные пары над гексаном, бензолом, толуолом, ацетоном, фено-

лом квалификации «ч.д.а» и формалином (источник формальдегида), отбираемые методом дискретной газовой экстракции ($t = 20 \pm 1^\circ \text{C}$).

По паровоздушным смесям веществ-маркеров выбирали покрытия, обеспечивающие селективность детектирования фенола, формальдегида, толуола, ацетона в смесях других соединений, надежность и воспроизводимость отклика наиболее чувствительных сенсоров при содержании фенола/формальдегида на уровне ПДК, рекомендованных гигиеническими нормативами (ГН 2.3.3 972-00).

Для подбора сорбционных покрытий пьезосенсоров выбраны хроматографические фазы, различные по природе, сорбционной активности по отношению к индивидуальным веществам и группам соединений: полиэтиленгликоль себацат (ПЭГС), полидиэтиленгликоль сукцинат (ПДЭГСК), полиэтиленгликоль фталат (ПЭГФ), полифениловый эфир (ПФЭ), – фирмы «Alfa Aesar»; а также пчелиный клей (Пч.К.), пчелиный клей с хлоридом железа (III) (Пч.К. с FeCl_3), пчелиный воск (Пч.В.), триоктилфосфиноксид (ТОФО). Сорбенты наносили способом «статического испарения капли» из ацетоновых, толуольных растворов [8]. Масса пленок на электродах ПКР, обеспечивающая минимальную погрешность измерения, составляет 10 – 20 мкг [9].

В качестве аналитических сигналов массива пьезосенсоров при экспонировании в равновесной газовой фазе над пробами применяли «визуальные отпечатки» сигналов пьезосенсоров в двух вариантах: «визуальные отпечатки» максимумов – строятся по максимальным сигналам (ΔF_{max} , Гц) из матрицы откликов всех пьезосенсоров в массиве и кинетические «визуальные отпечатки» – строятся по отдельным откликам массива пьезосенсоров (ΔF_i , Гц) в отдельные моменты измерения. Также информативными являются хроночастотограммы сенсоров ($\Delta F_i = f(\tau, c)$), массовая чувствительность микровзвешивания (S_m , Гц·м³/мг) [10], время регенерации системы ($\tau_{\text{дес}}$, с), сорбционная емкость пленки a , коэффициент селективности $S_{\text{селект}}$, рассчитанный по относительному стандарту – толуолу, кинетический коэффициент сорбции γ , характеризующий особенности протекания сорбции веществ на выбранных покрытиях за время измерения и отражающий изменения скорости сорбционно-десорбционных процессов в выбранном интервале времени.

Идентификацию паров проводили по параметру эффективности сорбции паров индивидуальных соединений A_{ij} , который явля-

ется мерой относительной чувствительности двух пьезосенсоров к сорбату, рассчитанный по формуле [11]:

$$A_{ij}^{\max} = \Delta F_{\max,i} / \Delta F_{\max,j}, \quad (1)$$

где i, j – маркировка пьезосенсоров в массиве, связанная с природой модификатора на электродах.

Количественным параметром пьезокварцевого микровзвешивания массивом пьезосенсоров смеси паров является площадь «визуального отпечатка», $S_{в.о.}$, Гц·с, которая пропорциональна массе веществ, адсорбирующихся на всех пленках на время измерения. Этот параметр выбран в качестве основного критерия для ранжирования проб по опасности с учетом уровня эмиссии легколетучих компонентов.

В качестве объектов анализа для апробации нового способа оценки эмиссии токсичных легколетучих соединений выбраны образцы изделий из фенолформальдегидных непивцевых пластмасс бытового назначения.

Равновесную газовую фазу (РГФ) фиксированного объема 3 см³ над средними пробами пластмасс из герметичного пробоотборника отбирали индивидуальным шприцем и вкалывали в закрытую ячейку детектирования непосредственно в предэлектронную область 8-ми пьезосенсоров.

Подготовка пробы полимеров проводилась согласно ГОСТу, но вместо водного экстракта фенола получали равновесную газовую фазу в закрытом пробоотборнике над полимерной стружкой, которая обогащается всеми легколетучими соединениями, эмитирующими из нее при температуре 20±2 °С.

Правильность детектирования фенола в изделиях из фенолформальдегидных пластмасс проверяли по методике спектрофотометрического определения его в водном экстракте после реакции с 4-аминоантипирином (ГОСТ 11235-75 [4]).

В идентичных условиях изучена сорбция паров фенола, формальдегида, толуола, бензола, ацетона в тонкие пленки выбранных модификаторов. Пьезокварцевое микровзвешивание является прямым методом количественной оценки массы сорбата по величине максимального отклика пьезосенсоров $\Delta F_{\max}$, прямопропорционального массе сорбата согласно уравнению Заубрея.

Результаты микровзвешивания паров индивидуальных веществ позволяют обосновать выбор наиболее приемлемых для решения

поставленной задачи модификаторов электродов пьезосенсоров. Так, для снижения влияния паров воды на результаты микровзвешивания смеси паров органических соединений низких концентраций в качестве наиболее гидрофобных выбраны пленки прополиса, полифенилового эфира. Пьезосенсоры с пленками полифенилового эфира и Тритона X-100 детектируют пары толуола, фенола. Пленки полидиэтиленгликоль сукцината и триоктилфосфиноксида проявляют сродство к фенолу, однако, в присутствии других ароматических соединений результаты микровзвешивания завышены, вследствие аддитивной сорбции на них других веществ. Введение специального реагента на фенол (соли хлорида железа (III)) не позволило увеличить аналитический сигнал пьезосенсора в парах этого соединения. Пленки Пч.К., Пч.В. применены для селективного микровзвешивания ацетона и фенолов [12, 13]

В качестве покрытий для пьезокварцевых резонаторов выбраны сорбенты, проявляющие наибольшую чувствительность к фенолу, формальдегиду и минимальную – к воде (Пч.В., Пч.К., Пч.К. с FeCl₃, ПФЭ, ТОФО, ПЭГСб, ПЭГФ, ПДЭГС).

Для идентификации компонентов в смеси предложен параметр эффективности сорбции A_{ij} [11], который наиболее близок по сути к критерию селективности, зависит от природы сорбционной системы, способа формирования пленки, ее массы и собственных параметров ПКР (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Параметры эффективности сорбции ($A_{ij} \pm 0.2$) для веществ-маркеров и для РГФ над изделиями из фенолформальдегидных пластмасс

Вещества	A_{ij}			
	ПЭГСб/ ТОФО	Пч.К./ ПЭГСб	ПЭГСб/ ПФЭ	Пч.К. с FeCl ₃ / ТОФО
<i>Вещества-маркеры</i>				
Ацетон	2.9	0.3	0.9	4.3
Формальдегид	0.5	0.5	1.0	1.0
Бензол	2.0	0.4	0.5	2.0
Толуол	1.5	0.5	0.4	1.2
Фенол	0.4	0.1	2.0	0.2
Вода	2.0	0.3	1.0	2.5
<i>Анализируемые образцы</i>				
Образец 1	1.7	0.4	1.7	1.0
Образец 2	2.2	0.2	1.6	3.0

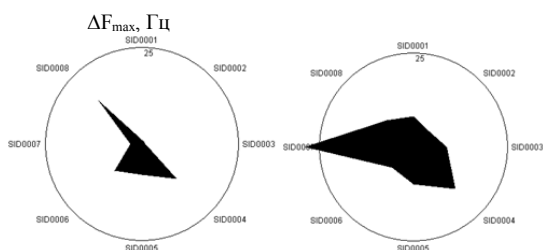
Ранее показано [11], что идентификационными могут быть параметры, которые принимают максимальные или минимальные значения для индивидуальных соединений из всей выборки возможных. В таблице 1 выделены значения параметров, которые могут относиться к идентификационным для выбранных тест-веществ и далее примененные при обработке данных для реальных образцов.

Для повышения информативности и удобства интерпретации вида выходных кривых пьезосенсоров, как исходной и наиболее полной аналитической информации «пьезоэлектронного носа», предложен и рассчитан кинетический коэффициент γ . Коэффициент γ характеризует кинетику сорбции веществ-маркеров на выбранных покрытиях и отражает особенности взаимодействий в системе сорбат-сорбент, который определяется энергией связей между молекулами «сорбат-сортив» (E_{s-sv}) и «сорбтив-сорбтив» (E_{sv-sv}) [10]. Предложено рассчитывать его как отношение сигналов пьезосенсора в начальный (через 5 с) и конечный (через 120 с) моменты измерения:

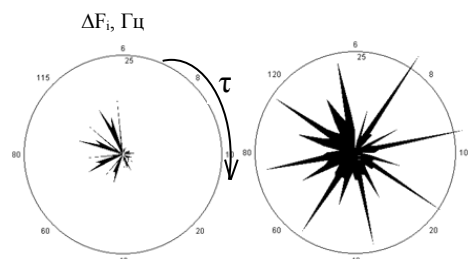
$$\gamma_{5/120} = \Delta F_5 / \Delta F_{120}, \quad (2)$$

где ΔF_5 и ΔF_{120} - изменение частоты колебаний пьезосенсора при сорбции вещества на 5 и 120 с соответственно, Гц.

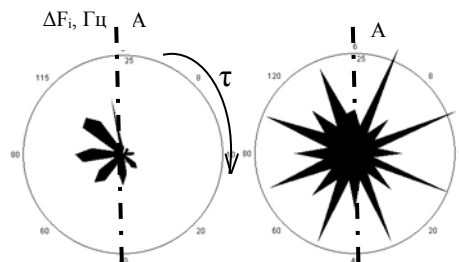
Установлено, что при сорбции паров фенола для наиболее информативных пьезосенсоров $\gamma_{5/120}$ меньше 0,5, что связано с накопительной сорбцией в пленку сорбента. Такая сорбция отражается в раскручивающейся форме геометрической фигуры сокращенного «визуального отпечатка», а для формальдегида и толуола $\gamma_{5/120}$ близка к 1 – симметричная форма фигуры сокращенного «визуального отпечатка» относительно оси А (рисунок 1в).



а) «Визуальные отпечатки» максимумов



б) Кинетические «визуальные отпечатки»



в) Сокращенные кинетические «визуальные отпечатки»

Фенол **Толуол**

Рисунок 1. «Визуальные отпечатки» сигналов пьезосенсоров в парах фенола и толуола

По результатам микровзвешивания нескольких смесей фенола с ацетоном и толуолом, содержащихся в различных концентрациях, оценили возможность идентификации фенола (таблица 2). В смеси с ацетоном возможно определение фенола по $\gamma_{5/120} = 0,5 \pm 0,1$ для полиэтиленгликоль себагината не более, чем при 100-кратном избытке ацетона. При этом определению фенола не мешает 2-кратный избыток толуола (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Кинетический коэффициент ($\gamma_{5/120} \pm 0,1$) для веществ-маркеров, их смесей и для РГФ над изделиями из фенолформальдегидных пластмасс ($n = 4, p = 0,95$)

Вещества и смеси	$\gamma_{5/120}$ для ПЭГСб
<i>Вещества-маркеры, анализируемые смеси</i>	
Формальдегид	1.0
Бензол	0.9
Толуол	0.8
Фенол	0.2
Гексан	0.9
Хлороформ	0.9
Ацетон	0.8
Смесь толуола с ацетоном (0.16:13.0 мг/м ³)	0.6
Смесь фенола с ацетоном (0.06:74.0 мг/м ³)	0.8
Смесь фенола с толуолом (0.07:0.16 мг/м ³)	0.3
Смесь фенола с ацетоном (0.12:13.0 мг/м ³)	0.4
Смесь фенола, ацетон, толуола (0.14:13.0:0.20 мг/м ³)	0.4
<i>Анализируемые образцы</i>	
Образец 1	0.6
Образец 2	1.3

Предположим, что совокупность всех данных позволит установить присутствие фенола и формальдегида в равновесной газовой

фазе над полимерными материалами. Правильность утверждения и возможность разработки нового способа оценки уровня эмиссии легколетучих веществ проверена на примере результатов микровзвешивания РГФ над образцами бытовых изделий из фенолформальдегидных пластмасс.

По результатам пьезокварцевого микровзвешивания РГФ над стружкой изделий из фенолформальдегидных пластмасс рассчитаны идентификационные параметры эффективности сорбции A_{ij} (таблица 1), кинетический коэффициент $\gamma_{5/120}$ (таблица 2) и оценен интервал совпадений (d) для этих параметров, равный 0,3.

Построены все виды «визуальных отпечатков» сигналов пьезосенсоров (рисунок 2). Также рассчитана площадь полного «визуального отпечатка», которая в наибольшей степени коррелирует с содержанием всех компонентов в равновесной газовой фазе над образцами изделий из фенолформальдегидных пластмасс, которые могут сорбироваться на выбранных пленках сорбентов.

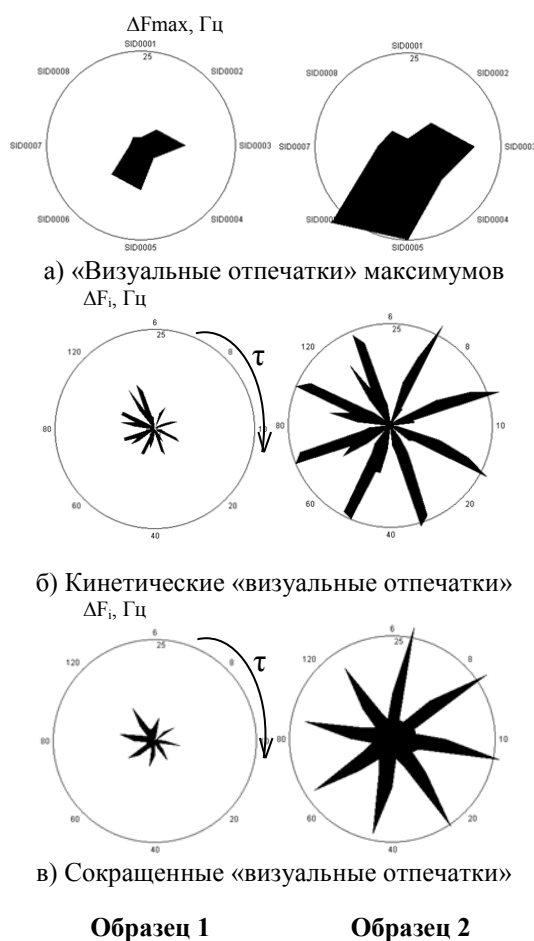


Рисунок 2. «Визуальные отпечатки» сигналов пьезосенсоров в РГФ над изделиями из фенолформальдегидных пластмасс

Полученную информацию сопоставляли с данными для индивидуальных паров фенола и формальдегида (рисунки 1, 2; таблицы 1, 2).

По значениям параметров A_{ij} установлено, что над образцом 1 в РГФ может содержаться фенол, ацетон, а над образцом 2 – фенол, гексан из выборки изученных тест-веществ. По кинетическому коэффициенту $\gamma_{5/120}$ вероятно присутствие в РГФ над образцом 1 – фенола, над образцом 2 – формальдегида. По форме сокращенных «визуальных отпечатков» в образце 1 детектируется хлороформ и фенол, а в образце 2 – толуол и бензол. Не исключается присутствие других легколетучих веществ из рассмотренной выборки.

Совокупность всех полученных данных позволяет сделать вывод о высокой вероятности присутствия в РГФ над образцом 1 паров фенола, хлороформа, ацетона, а в РГФ над образцом 2 – формальдегида, фенола, бензола и толуола.

Идентификация фенола в образце 2 по коэффициенту $\gamma_{5/120}$ затруднена из-за присутствия легколетучих органических растворителей (бензола, толуола), наличие которых в равновесной газовой фазе сильно влияет на кинетику сорбции веществ, а, следовательно, форму сокращенного «визуального отпечатка». Причем концентрация данных соединений в РГФ над образцом превышает концентрацию фенола в 500 раз ($\gamma_{5/120} > 0,5$). Так как наиболее распространенным сырьем для получения полимеров являются фенол и формальдегид [3] и в РГФ над образцом 2 по совокупности всех полученных данных присутствует формальдегид, то высоковоероятно присутствие в РГФ фенола.

По площади «визуального отпечатка», являющейся количественной мерой пьезокварцевого микровзвешивания, установлено, что из образца 2 выделяется легколетучих соединений в 4,5 раза больше, чем из образца 1.

Содержание фенола и формальдегида в пересчете на фенол определяли в обоих образцах методом градуировочного графика и рассчитывали по уравнению: $S_{в.о.} = 1959 \cdot C_{\phi} + 35$ ($R^2 = 0,99$). C_{ϕ} – концентрация фенола в газовой смеси, мг/м³.

Параллельно фенол в анализируемых изделиях из фенолформальдегидных пластмасс определен по стандартной спектрофотометрической методике с 4-аминоантипирином по градуировочному графику, измеряя оптическую плотность A водного экстракта ($A = 0,53 \cdot C_{\phi}$, C_{ϕ} – концентрация фенола в водном растворе, мг/дм³).

Результаты определения суммарного содержания фенола и формальдегида с применением массива пьезосенсоров и содержания фенола по стандартной методике с применением спектрофотометрии сопоставлены в таблице 3. Концентрацию фенола в изделиях из фенолформальдегидных полимеров сравнили с ПДК_{пн} для пищевых пластмасс (0,05 мг/м³, согласно ГН 2.3.3 972-00). Установлено превышение ПДК_{пн} фенола в первом образце в 2 раза, во втором – в 4,5 раза.

Т а б л и ц а 3

Сравнение результатов определения фенола в полимерах двумя методами

Метод № образца	Спектрометрия по реакции с 4-аминоантипирином		Пьезокварцевое микро-взвешивание массивом сенсоров	
	С _ф , мг/м ³	м _ф в воде, мг	S _{в.о.} , Гц·с	м _{ф.} , мг
Образец 1	0,11	0,0055	140	0,13
Образец 2	0,23	0,0115	620	0,54
Различие содержания	в 2,1 раза		в 4,5 раза	

На сегодняшний день отсутствуют гигиенические нормативы по содержанию фенола/формальдегида для непивцевых пластмасс, которые могут представлять серьезную опасность в качестве источников эмиссии их в воздух, поэтому предложено ранжирование образцов таких полимеров на группы

«неопасные», «умеренно опасные», «опасные», «чрезвычайно опасные» с учетом суммарного содержания легколетучих органических соединений и наличия фенола/формальдегида по результатам пьезокварцевого микровзвешивания массивом пьезосенсоров их в РФ относительно ПДК фенола в пищевых пластмассах:

- до 2ПДК_{п.п.} – неопасные;
- от 2 до 4ПДК_{п.п.} – умеренно опасные;
- от 4 до 6 ПДК_{п.п.} – опасные;
- больше 6 ПДК_{п.п.} – чрезвычайно опасные.

Вывод о принадлежности полимера к какой-либо группе можно сделать по наиболее информативному аналитическому сигналу массива пьезосенсоров – площади «визуального отпечатка» (S_{в.о.}). 1-й образец (S_{в.о.} = 140 ± 10 Гц·с) относится к группе «умеренно опасные», 2-й образец (S_{в.о.} = 620 ± 20 Гц·с) – к группе «опасные».

Метод пьезокварцевого микровзвешивания является более чувствительным методом, чем спектрофотометрия (таблица 3). Кроме того, с его помощью можно определить не только содержание фенола, но и остальных веществ, эмиссирующих из проб. Результаты фотометрического определения фенола в полимерах и пьезокварцевого микровзвешивания РФ над ними коррелируют. Возможна быстрая оценка уровня эмиссии фенола, других паров легколетучих веществ из изделий на основе фенолформальдегидных смол и оценка их экологической опасности для бытовых помещений, человека с применением анализатора газов «МАГ-8» на основе массива пьезосенсоров.

ЛИТЕРАТУРА

1 Губернский Ю.Д., Рахманин Ю.А., Лещиков В.А. Экология жилой среды // Вестник АМН. 2003. №3. С. 9 - 17.

2 Семенова Л.А., Мачнев Е.В. Диагноз: синдром нездорового помещения // Петербургские врачебные ведомости. 1993. №3. С. 5 - 8.

3 Соколов Р.С. Химическая технология. В 2 кн. Кн 2. Металлургические процессы. Переработка химического топлива. Производство органических веществ и полимерных материалов. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2000. 448 с.

4 ГОСТ 11235-75 Смолы фенолоформальдегидные. Методы определения свободного фенола. М.: Межгосударственный стандарт: ИПК изд-во стандартов, 1986. 11 с.

5 ГОСТ 16704-71. Смолы фенолформальдегидные. Методы определения свободного формальдегида. М.: Межгосударственный стандарт: ИПК изд-во стандартов, 2008. 4 с.

6 ГОСТ Р ИСО 16000-6-2007. Воздух замкнутых помещений. Часть 6. Определение летучих органических соединений в воздухе замкнутых помещений и испытательной камеры путем активного отбора проб на сорбент Терах ТА с последующей термической десорбцией и газохроматографическим анализом с использованием МСД/ПИД. М.: Национальный стандарт РФ: Стандартиформ, 2007. 29 с.

7 ГОСТ Р ИСО 16000-10-2009. Воздух замкнутых помещений. Часть 10. Определение выделения летучих органических соединений строительными и отделочными материалами Метод с использованием испытательной ячейки. М.: Национальный стандарт РФ: Стандартиформ, 2010. 20с.

8 Кучменко Т.А. Инновационные решения в аналитическом контроле. Воронеж: ВГТА, ООО «СенТех», 2009. 252 с.

9 Korenman Ya.I., Belskih N.V., Kuchmenko T.A., Rajakovic L.V. et al. The influence of water on quartz resonator effectivity and the estimation of adsorption properties of modifiers for Phenol and o-cresol determination in aqueous media // Chemical Industry. 1996. vol.7, no. 6. pp. 244-247.

10 Кучменко Т.А., Мишина А.А. (Шуба) Особенности сорбции паров аммиака на тонких пленках кислотно-основных индикаторов // Журнал аналитической химии. 2011. Т. 66. № 8. С. 816-823.

11 Кучменко Т.А., Шуба А.А., Бельских Н.В. Пример решения идентификационных задач в методе пьезокварцевого микровзвешивания смесей некоторых органических соединений Аналитика и контроль. 2012. Т. 16. № 2. С. 151 -161.

12 Кучменко Т.А., Коренман Я.И., Кочетова Ж.Ю. Изучение сорбции ацетона и фенола на природных покрытиях-активаторах пьезокварцевых резонаторов // Журнал аналитической химии. 2001. Т. 56. № 11. С. 1126-1131.

13 Кучменко Т.А., Коренман Я.И., Туникова С.А. Детектирование фенола в воздухе с применением модифицированных пьезоэлектрических кварцевых сенсоров // Журнал аналитической химии. 1997. Т.52. № 7. С. 763-766.

REFERENCES

1 Gubernskii Iu.D., Rakhmanin Iu.A., Leshchikov V.A. The ecology of living environment. *Vestnik AMN*. [Bulletin of AMN], 2003, no. 3, pp. 9-17. (In Russ.).

2 Semenova L.A., Machnev E.V. Diagnosis is syndrome of illness building. *Peterburgskie vrachebnye vedomosti*. [The Petersburg's doctoral statements], 1993, no. 3, pp. 5-8 (In Russ.).

3 Sokolov R.S. *Khimicheskaya tekhnologiya*. Kn. 2: Metallurgicheskie protsesy. Pererabotka khimicheskogo topliva. Proizvodstvo organicheskikh veshchestv i polimernykh materialov [Chemical technology. Vol. 2: Metallurgical processes. Treatment of chemical fuel. Production of organic substances and polymer materials]. Moscow: Gumanit. izd. tsenter VLADOS, 2000, 448 p. (In Russ.).

4 GOST 11235-75 Phenol-phormaldegidnye smoly. Metody opredeleniya svobodnogo phenol. [Phenol formaldehyde resins. The methods of free phenols determination]. Moscow, Standartinform Publ., 1986. 11 p. (In Russ.).

5 GOST 16704-71. Phenol-phormaldegidnye smoly. Metody opredeleniya svobodnogo phormaldegida. [Phenol formaldehyde resins. The methods of free formaldehyde determination]. Moscow, Standartinform Publ., 2008. 4 p. (In Russ.).

6 GOST R ISO 16000-6-2007. Vozdukh zamknutykh pomeshchenii. Chast' 6. Opredelenie letuchikh organicheskikh soedinenii v vozdukh zamknutykh pomeshchenii i ispytat'noi kamery putem aktivnogo otbora prob na sorbent Tenax TA s posleduiushchei termicheskoi desorbsiei i gazokhromatograficheskim analizom s ispol'zovaniem MSD/PID. [Indoor air - Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on TenaxTA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS/FID (IDT)]. Moscow. Standartinform Publ., 2007. 29 p. (In Russ.).

7 GOST R ISO 16000-10-2009. Vozdukh zamknutykh pomeshchenii. Chast' 10. Opredelenie vydeleniya letuchikh organicheskikh soedinenii stroitel'nymi i odelochnymi materialami. Metod s ispol'zovaniem ispytatel'noy iacheiki. [Indoor air. Part 10. Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing. Emission test cell method]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 20 p. (In Russ.).

8 Kuchmenko T.A. Innovatsionnyye resheniya v analiticheskom kontrole [Innovative solutions in analytical control]. Voronezh: VGTA, ООО «SenTekh», 2009. 252 p. (In Russ.).

9 Korenman Ia.I., Belskih N.V., Kuchmenko T.A., Rajakovic L.V. et al. The influence of water on quartz resonator effectivity and the estimation of adsorption properties of modifiers for Phenol and o-cresol determination in aqueous media. Chemical Industry. 1996. vol. 7, no. 6, pp. 244-247.

10 Kuchmenko T.A., Mishina A.A. Sorption specifics of volatile amines on thin films of acid-base indicators. *Zhurnal analiticheskoi khimii*. [J. of anal. chem], 2011, vol. 66, no. 8, pp. 816-823 (In Russ.).

11 Kuchmenko T.A., Shuba A.A., Bel'skikh N.V. The identification parameters of organic substances in multisensors piezoquartz microbalance. *Analitika i kontrol'*. [Analytics and control], 2012, vol. 16, no. 2, pp. 151-161 (In Russ.).

12 Kuchmenko T.A., Korenman Ia.I., Kочетова Ж.Ю. Study of the sorption of acetone and phenol by natural coating-activator piezoelectric resonators. *Zhurnal analiticheskoi khimii*. [J. of anal. chem], 2001, vol. 56, no 11, pp. 1126-1131 (In Russ.).

13 Kuchmenko T.A., Korenman Ia.I., Tunikova S.A. Detection phenol in the air using modified piezoelectric quartz sensors. *Zhurnal analiticheskoi khimii*. [J. of anal. chem], 1997, vol. 52, no 7, pp 763-766 (In Russ.).

УДК [665.947.82+678](043.3)

Ассистент К.П. Колногоров, ассистент В.С. Волобуев,
(Белорусский гос. технол. ун-т.) кафедра физико-химических методов сертификации продукции
тел. (+375 17) 327-74-32
профессор О.В. Карманова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров
тел. (473) 249-92-37
E-mail: karolga@mail.ru

Assistant professor K.P. Kolnogorov, assistant professor V.S. Volobuev,
(Belarusian state technological university) Department of physicochemical methods of product certification
tel (+375 17) 327-74-32
professor O.V. Karmanova
(Voronezh state university of engineering technology) Department of chemistry and chemical technology organic compounds and polymer processing
tel (473)) 249-92-37
E-mail: karolga@mail.ru

Пути получения амидосодержащих солей 3d-металлов на основе талловой канифоли и исследование их влияния на свойства системы «резина-латунированный металлокорд»

Ways to obtain amides containing salts 3d-metals based on tall oil rosin and studying their influence on the properties of the system "rubber - brass metal cord"

Реферат. В статье рассматриваются вопросы получения амидосодержащих солей 3d-металлов на основе талловой канифоли. Разработан способ получения амидосодержащих солей 3d-металлов. Проведен аммонолиз малеопимаровой кислоты и определены технологические параметры процесса. Установлено, что на процесс аммонолиза оказывают влияние следующие управляемые технологические факторы: соотношение компонентов, температура реакционной среды и продолжительность проведения аммонолиза. Представлены результаты исследования влияния полученных добавок на технологические и технические свойства эластомерных композиций, адгезионные и антикоррозионные свойства резинокордных систем. Определены наиболее эффективные промотеры адгезии резино-металлокордных систем для установления возможности их применения в производстве шин. Обеспечение необходимых технологических свойств производственных резиновых смесей достигается при применении в составе эластомерных композиций соли кобальта амида МТК. Установлено, что необходимо производить корректировку состава вулканизирующей системы при использовании синтезированных соединений. Выявлено, что эластомерные композиции, содержащие соль кобальта амида малеинизированной канифоли и нафтенат кобальта в меньшей степени подвержены воздействию кислорода воздуха и повышенной температуры по сравнению с резинами, содержащими соли Mn (II) и Cr (III) амида МТК. Результаты исследования прочности связи резины с металлокордом показали, что адгезионные свойства резинокордных систем с исследуемыми компонентами зависят от их дозировки и состава резиновой смеси. Определено, что введение соли Co (II) на основе амида малеинизированной талловой канифоли в дозировке 1,5 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука позволяет получать показатели адгезионных и антикоррозионных свойств на уровне таковых с промышленным модификатором нафтенатом кобальта.

Summary. This article discusses how to obtain amide-containing salts of 3d-metals based on tall rosin. A scheme of obtaining amide containing salts of 3d-metals is presented here. Ammonolysis of maleopimaric acid was carried out, the technological parameters of the process were identified. Found that the process of ammonolysis is affected by the following controlled technological factors: the ratio of the components, the temperature of the reaction medium and the duration of holding ammonolysis. The results of studies of the effect of additives on the received technical and technological properties of the elastomer compositions, adhesion and corrosion resistance rubber-systems are presented. The most efficient promoters are metal-cord-rubber adhesion systems for use in the manufacture of tires fitted. Providing the necessary technological properties of manufacturing rubber compounds achieved when using elastomeric compositions consisting of a cobalt salt of amide MTC. Found that necessary to adjust the composition of the vulcanizing system using the synthesized compounds. It was revealed that the elastomeric composition comprising cobalt salt of amide maleated rosin and cobalt naphthenate are less susceptible to oxygen and air at elevated temperature compared to rubber containing salts Mn (II) and Cr (III) amide MTC. The results of studies of bond strength rubber with steel showed that the adhesive properties of rubber-systems with the test components depend on the dosage and rubber compound. It was determined that the introduction of salts of Co (II), based on amide maleated tall oil rosin at a dosage of 1.5 wt. parts per 100 wt. phr produces indicators adhesion and corrosion properties at the level of those with industrial modifier cobalt naphthenate. The results of research of obtained compounds influence on the technical and technological properties of the elastomer compositions, adhesion and corrosion resistance of rubber-cord systems are given.

Ключевые слова: талловая канифоль, амид, синтез, модификатор, адгезия

Keywords: tall oil rosin, amide, synthesis, modifier, adhesion

© К.П. Колногоров, В.С. Волобуев, О.В. Карманова, 2014

Одной из нерешенных актуальных проблем на сегодняшний день является проблема, связанная с приданием продуктам на основе талловой канифоли таких физико-химических свойств, которые позволили бы использовать их в составе резин, применяемых для обрезаживания каркаса и брекера металлокордных шин в качестве модификаторов, обеспечивающих прочность адгезионной связи в системе «резина-латунированный металлокорд».

Современная автомобильная шина, как известно [1], имеет сложную конфигурацию и состоит из основных конструктивных элементов - каркаса, брекера, протектора, боковины, борта, каждый из которых имеет свою конструкцию и выполняет определенную функцию.

Каркас шины выдерживает все нагрузки в процессе эксплуатации шины и является основой, с которой связаны все остальные элементы. Для изготовления каркаса применяется текстильный или металлокорд.

Брекер шин должен соответствовать высоким требованиям безопасности движения, долговечности, а также служить для улучшения связи каркаса с протектором, предотвращать его отслоение под действием внешних и центробежных сил, амортизировать ударные нагрузки и повышать сопротивление каркаса механическим повреждениям. Изготавливают брекеры, главным образом, из обрезаженного металлокорда, что позволяет увеличить его способность к равномерному распределению напряжений, действующих со стороны дороги на каркас.

Прочность адгезионной связи в системе «резина-латунированный металлокорд» определяется содержанием в резиновой смеси модификаторов адгезии, которые позволяют не только повысить исходную прочность связи резины с металлокордом, но и обеспечить стабильность адгезионного соединения при действии на него различных агрессивных факторов (термоокислительного, паровоздушного, солевого старения) [2].

Крепление резин к металлу представляет собой одну из сложнейших задач [3], поскольку в этом случае контактируют совершенно разнородные и не обладающие сродством друг к другу материалы, к тому же значительно различающиеся по модулю.

Наиболее надежным способом создания прочной адгезионной связи резины с армирующим материалом, из всех известных (через клей, слой эбонита и пр.), является метод вулканизационного связывания резин с металлокордом через латунированное (значительно реже оцинкованное или бронзированное) покрытие с использованием промоторов адгезии, со-

держащих катионы 3d-металлов.

Целью работы явилось разработка способа получения амидосодержащих солей 3d-металлов на основе талловой канифоли, а также установление возможности их применения в качестве модифицирующих добавок в составе шинных резиновых смесей, предназначенных для обрезаживания металлокорда каркаса и брекера металлокордных шин.

Амидосодержащие соли 3d-металлов на основе талловой канифоли получали с использованием выделенной малеопимаровой кислоты (МПК). Выбор малеопимаровой кислоты был обоснован тем, что основной реакционной составляющей канифоли являются смоляные кислоты типа абietана, которые подвержены термической изомеризации с образованием левопимаровой кислоты, вследствие чего при химическом взаимодействии смоляных кислот канифоли с малеиновым ангидридом под воздействием высоких температур образуется, как правило, малеопимаровая кислота.

Целесообразность модификации МПК, а далее и талловой канифоли путем введения амидогруппы обусловлена способностью амидосодержащих соединений подавлять коррозию стали за счет образования на ее поверхности изолирующего слоя, а также повышать адгезию резин на различных субстратах, в том числе и металлокорде за счет образования координационных связей амид-металл.

С этой целью был проведен аммонолиз малеопимаровой кислоты и определены технологические параметры процесса.

Амидирующим агентом малеопимаровой кислоты был выбран водный раствор аммиака 25%-ной концентрации ($\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$, далее NH_4OH).

Установлено, что на процесс аммонолиза оказывают влияние следующие управляемые технологические факторы: соотношение компонентов [NH_4OH (в перерасчете на NH_3) и МПК], температура реакционной среды и продолжительность проведения аммонолиза.

Процесс взаимодействия малеопимаровой кислоты с амидирующим агентом проводили при шести температурных режимах (50–100 °C, шаг 10 °C), с разной продолжительностью по времени (1–5 ч, шаг 1 ч) и при изменении стехиометрического соотношения компонентов NH_4OH : МПК от 1 : 1 до 3 : 1. Определение необходимых и достаточных условий получения амида малеопимаровой кислоты осуществляли методом случайного локального поиска с ограничением на зависимые и независимые управляемые переменные. В качестве критерия поиска было выбрано теорети-

чески рассчитанное кислотное число амида малеопимаровой кислоты (268 мг КОН/г).

Решение задачи оптимизации позволило определить следующие технологические параметры получения амида малеопимаровой кислоты: продолжительность реакции 3 ч при температуре $91 \pm 2,0^\circ\text{C}$ и стехиометрическом соотношении $\text{NH}_4\text{OH} : \text{МПК} = 2 : 1$ (при этом кислотное число продукта реакции равно 268–271 мг КОН/г).

Завершающим этапом получения модельных соединений, а далее и технического продукта, являлось введение катиона 3d-металла в структуру амида малеопимаровой кислоты.

Для этого необходимо было провести обменные реакции амида малеопимаровой кислоты и спиртовых растворов ацетатов соответствующих 3d-металлов (кобальта Со (II), никеля Ni (II), марганца Mn (II), хрома Cr (III)). Стоит отметить, что в качестве управляемого технологического параметра являлась температура, которую изменяли от 50 до 90°C . По результатам исследований было выявлено, что получение целевого продукта (амидосодержащей соли 3d-металлов малеопимаровой кислоты) с наилучшим комплексом свойств (таблица 1) необходимо осуществлять при температуре $50 \pm 2^\circ\text{C}$.

Т а б л и ц а 1

Основные характеристики модельных солей 3d-металлов амида малеопимаровой кислоты

Наименование продукта	Содержание металла, %	$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$
Соль Со (II) амида МПК	6,8–7,5	206–209
Соль Ni (II) амида МПК	6,9–7,2	202–206
Соль Mn (II) амида МПК	6,6–7,0	198–203
Соль Cr (III) амида МПК	6,7–7,2	210–215

Разработанный процесс получения модельных соединений явился основой для разработки способа получения технических продуктов – амидосодержащих солей 3d-металлов на основе малеинизированной талловой канифоли.

Установлено, что для получения малеинизированной талловой канифоли (МТК) с максимальным кислотным числом необходимо обеспечить массовое соотношение талловая канифоль : малеиновый ангидрид 100 : 22.

Для получения амида малеинизированной талловой канифоли достаточно точно перенесены технологические параметры с модельного объекта на реальный.

Что касается третьей стадии синтеза, завершающей образование целевого продукта, то основными критериями являлись содержание металла и температура плавления. Установлено, что чем больше металла содержится в продукте, тем лучше он проявляет свои функцио-

нальные свойства. В результате разработанной технологии были получены амидосодержащие соли 3d-металлов на основе малеинизированной талловой канифоли (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Основные характеристики амидосодержащих солей 3d-металлов малеинизированной талловой канифоли

Наименование продукта	Содержание металла, %	$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$
Соль Mn (II) амида МТК	6,7–7,2	150–154
Соль Cr (III) амида МТК	5,5–6,2	148–153
Соль Со (II) амида МТК	7,1–7,5	155–160
Соль Ni (II) амида МТК	5,2–5,8	140–146

С целью установления возможности применения синтезированных соединений в качестве модифицирующих добавок в составе шинных резиновых смесей, предназначенных для обрешивания металлокорда каркаса и брекера металлокордных шин, амидосодержащие соли 3d-металлов МТК вводили в дозировках 1,0 и 1,5 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука в модельные резиновые смеси на основе СКИ-3 и производственные рецепты резинокордных систем. Образцом сравнения являлся промышленный модификатор – нафтенат кобальта.

На первом этапе был проведен сравнительный анализ поверхности резиновых смесей (с использованием сканирующего электронного микроскопа JSM-5610 LV, оснащенного системой химического микроанализа EDX JED-2201 Jeol), содержащих промышленный модификатор и исследуемые продукты, определены основные физико-механические показатели резин и технологические свойства резиновых смесей (таблица 3).

Т а б л и ц а 3

Физико-механические показатели исследуемых резин

Компонент	Дозировка, мас. ч.	Относительное удлинение при разрыве, %	Условная прочность при растяжении, МПа
Без добавки	-	850	28,5
Нафтенат кобальта	1,0	840	28,4
	1,5	890	27,9
Соль Mn (II) амида МТК	1,0	860	27,7
	1,5	830	26,5
Соль Cr (III) амида МТК	1,0	815	27,8
	1,5	800	27,0
Соль Со (II) амида МТК	1,0	835	28,3
	1,5	850	28,0

Соль Ni (II)	1,0	775	17,2
амида МТК	1,5	770	15,4

В результате испытаний модельных ненаполненных эластомерных композиций на основе СКИ-3 были установлены наиболее перспективные соединения модифицированной талловой канифоли для последующих исследований, к которым относятся марганцевая, хромовая и кобальтовая соли амида МТК.

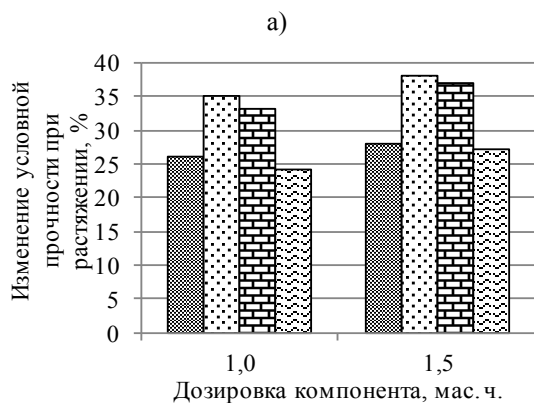
Дальнейшие исследования проводились на основе производственных резиновых смесей, используемых для изготовления брекера и каркаса металлокордных шин. Анализ вязкости по Муни производственных резиновых смесей показал, что введение синтезированных солей повышает значения вязкости эластомерных композиций. Из опытных продуктов меньшее влияние на данный показатель оказывает кобальтовая соль амида МТК (таблица 4).

Т а б л и ц а 4

Вязкость по Муни производственных резиновых смесей, содержащих исследуемые компоненты

Компонент	Дозировка, мас. ч.	Вязкость резиновой смеси, усл. ед. Муни	
		каркасная	брекерная
Без добавки	–	70,5	79,8
Нафтенат Со	1,0	72,1	80,3
	1,5	73,2	80,7
Соль Mn (II) амида МТК	1,0	76,2	85,1
	1,5	78,1	86,3
Соль Cr (III) амида МТК	1,0	77,4	85,6
	1,5	78,6	86,1
Соль Со (II) амида МТК	1,0	74,5	83,9
	1,5	76,3	84,2

Изучение кинетики вулканизации резино-



вых смесей показало, что введение синтезированных солей 3d-металлов на основе амида МТК в эластомерные композиции оказывает неоднозначное влияние на процесс образования пространственной структуры вулканизата. Выявлено, что для получения равномерной степени вулканизации многослойных изделий необходима корректировка состава вулканизирующей системы в случае применения исследуемых добавок.

Стойкость резин к действию повышенных температур обусловлена типом применяемого полимера, количественным и качественным содержанием противостарителей, а также влиянием ингредиентов, входящих в состав резиновой смеси на процессы окисления, протекающие во внутренних слоях автопокрышки.

На основании полученных результатов были рассчитаны показатели изменения свойств брекерных и каркасных (рисунок 1) резин после теплового старения.

Исследования стойкости резин к тепловому старению показали, что эластомерные композиции, содержащие соль Со (II) амида МТК, в меньшей степени подвержены воздействию кислорода воздуха и повышенной температуре по сравнению с резинами, содержащими соли Mn (II) и Cr (III) амида МТК. Эластомерные композиции, содержащие соль Со (II) амида МТК, имеют практически такую же теплостойкость, как и эластомерные композиции с нафтенатом кобальта. Аналогичные зависимости были выявлены и у брекерных резин.

При введении в эластомерную композицию солей Mn (II) и Cr (III) амида МТК происходит некоторое снижение усталостной выносливости брекерных и каркасных резин (рисунок 2) по сравнению с резинами, содержащими нафтенат кобальта.

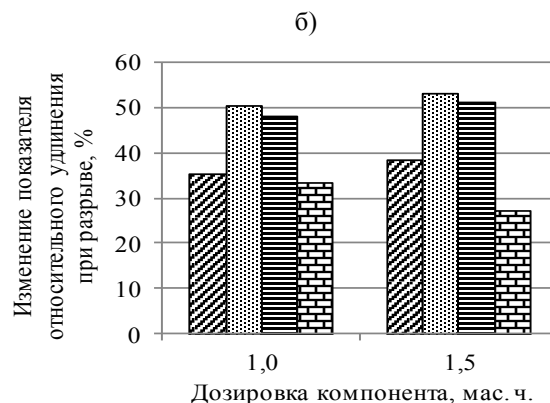


Рисунок 1. Зависимости изменений показателей условной прочности при растяжении (а) и относительного удлинения при разрыве (б) каркасных резин после теплового старения от исследуемых компонентов:

■ – Нафтенат Со; ▨ – Соль Mn амида МТК;
▤ – Соль Cr амида МТК; ▩ – Соль Со амида МТК

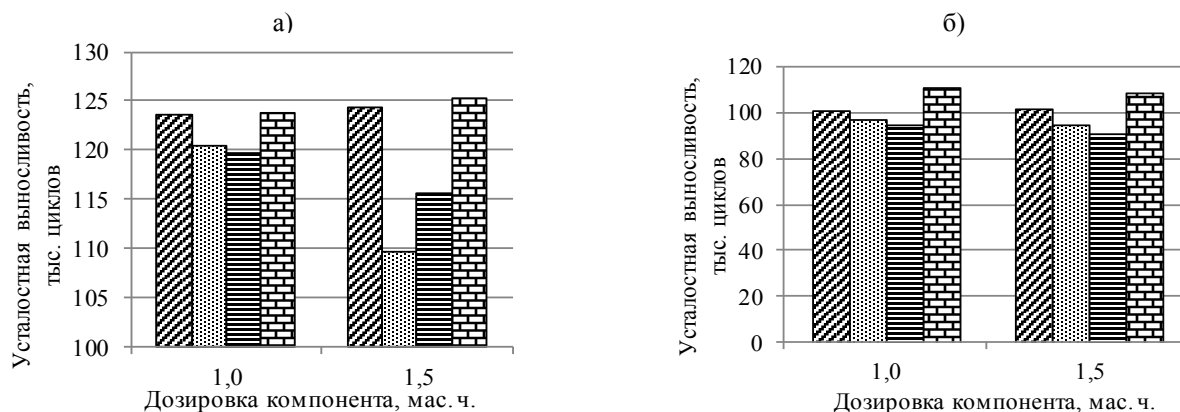


Рисунок 2. Изменение показателей усталостной выносливости каркасной (а) и брекерной (б) резин:

■ – Нафтенат Со; ▨ – Соль Mn амида МТК;

▨ – Соль Cr амида МТК; ▤ – Соль Со амида МТК

Вероятно, данные особенности связаны с взаимодействиями марганца и хрома с полимерной матрицей и ингредиентами резиновой смеси, что способствует ускорению процессов деструкции, протекающих под действием многократных циклических деформаций.

Лучшие показатели усталостной выносливости имеют резины, содержащие соль кобальта на основе амида МТК.

Введение полученных солей 3d-металлов в резиновую смесь существенно повышает стабильность прочности связи в системе «резина-металлокорд» при действии повышенных температур и агрессивной среды (таблица 5).

Резины, содержащие кобальтовую соль амида маленизированной талловой канифоли, имеют показатели прочности связи с металлокордом практически такие же, как и резины, содержащие нафтенат кобальта. Однако в случае увеличения дозировки нафтената показатель прочности связи резины с металлокордом незначительно уменьшается, в то время как увеличение дозировки соли кобальта амида МТК приводит к улучшению адгезионных свойств.

Т а б л и ц а 5

Прочность связи по Н-методу между резиной и латунированным металлокордом марки 3Л30

Компонент	Прочность резины с кордом, Н					
	20±5°C		100°C		5%-ный p-p NaCl	
	Дозировка компонентов, мас. ч.					
	1,0	1,5	1,0	1,5	1,0	1,5
Соль Mn (II) амида МТК	234	318	210	289	227	312
Соль Cr (III) амида МТК	304	320	276	294	295	313
Соль Co (II) амида МТК	359	383	348	373	355	383

Нафтенат Со	369	343	340	312	365	339
-------------	-----	-----	-----	-----	-----	-----

В результате исследований был разработан способ получения амидосодержащих солей 3d-металлов на основе маленизированной талловой канифоли.

На основании полученных данных о совместимости компонентов с эластомерной композицией, пластоэластических и физико-механических свойств определены наиболее эффективные промотеры адгезии резино-металлокордных систем для установления возможности их применения в производстве шин.

Обеспечение необходимых технологических свойств производственных резиновых смесей достигается при применении в составе эластомерных композиций соли кобальта амида МТК, так как при этом вязкость по Муни резиновых смесей изменяется в меньшей степени по сравнению с резиновыми смесями, содержащими соли марганца и хрома амида МТК. Для получения равномерной степени вулканизации во всем объеме изделия, при использовании синтезированных соединений, необходимо производить корректировку состава вулканизирующей системы, так как их введение в эластомерные композиции оказывает влияние на формирование пространственной структуры вулканизата.

Определено, что эластомерные композиции, содержащие соль кобальта амида маленизированной канифоли и нафтенат кобальта в меньшей степени подвержены воздействию кислорода воздуха и повышенной температуры по сравнению с резинами, содержащими соли Mn (II) и Cr (III) амида МТК. Сравнительный анализ усталостной выносливости ис-

следуемых резин показал, что введение соли кобальта амида МТК в эластомерные композиции позволяет получать вулканизаты с высокой стойкостью к действию многократных циклических деформаций.

Результаты исследования прочности связи резины с металлокордом показали, что адгезионные свойства резинокордных систем с иссле-

дуемыми компонентами зависят от их дозировки и состава резиновой смеси. Определено, что введение соли Со (II) на основе амида малеинизированной талловой канифоли в дозировке 1,5 мас. ч. на 100 мас. ч. каучука позволяет получать показатели адгезионных и антикоррозионных свойств на уровне таковых с промышленным модификатором нафтенатом кобальта.

ЛИТЕРАТУРА

1 Касперович А. В., Шашок Ж.С., Мозгалева В.В. Технология производства шин: учеб.-метод. пособие. Минск: БГТУ, 2011. 147 с.

2 Осошник И. А., Шутилин Ю.Ф., Карманова О.В. Технология пневматических шин. Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2004. 908 с.

3 Бобров Ю. А., Кандырин К. Л., Шмурак И.Л. Крепление резин к металлокорду с использованием соединений металлов переменной валентности. // Каучук и резина, 2005. № 2. С. 37–44.

REFERENCES

1 Kaspiarovich A.V., Shashok J.S., Mozgalev V.V. *Texnologiya proizvodstva shin: ucheb.-metod. posobie* [Technology of production of tires] textbook.. allowance. Minsk: Belarusian State Technological University, 2011. 147 p. (In Russ.)

2 Ososhnik I.A., Shutilin Y.F., Karmanova O.V. *Texnologiya proizvodstva shin* [The technology of pneumatic tire] Voronezh: Voronezh. State tehnol. acad., 2004. 908 p. (In Russ.)

3 Bobrov U.A., Kandyrin K.L., Shmurak I.L. Attaching rubber to metal cord with variable valence metal compounds. *Kauchuk i rezina*. [Rubber and rubber]. 2005. № 2. p. 37-44. (In Russ.)

УДК 678.742

Аспирант А.М. Скачков, профессор О.В. Карманова,
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров
тел. (473) 249-92-37
E-mail: karolga@mail.ru

профессор С.Г. Тихомиров
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем
тел. (473) 255-38-75

Graduate A.M. Skachkov, professor O.V. Karmanova,
(Voronezh state university of engineering technology) Department of chemistry and chemical technology organic compounds and polymer processing
tel (473)) 249-92-37
E-mail: karolga@mail.ru
professor S.G. Tihomirov
(Voronezh, Russia. state Universitying. technology.) Department of information and control systems
phone (473) 255-38-75

Изучение свойств полимерных композиций с использованием модифицированного латексного коагулюма

Study of the properties of the polymer compositions using the modified latex coagulum

Реферат. Изучены свойства латексного коагулюма, образующегося при производстве бутадиен-стирольных латексов. Подобраны условия обработки коагулюмов для дальнейшего их использования в составе полимерной основы каучук содержащих композиционных материалов и резиновых смесей. Выбраны системы пластификаторов латексного коагулюма, улучшающие его обработку на технологическом оборудовании. В процессе пластификации изменяется структура полимерной матрицы появляются сплошные области на снимках, полученных с помощью сканирующего зондового микроскопа. Показана возможность изготовления полимерных композиций на основе обработанного латексного коагулюма. При создании полимерных композиций бутадиен-стирольного каучука СКС-30 АРКМ-15 с пластифицированным коагулюмом выбрано оптимальное соотношение 70:30. Установлено влияние типа и дозировки пластификатора на вязкость композиций латексного коагулюма с каучуком СКС-30 АРКМ-15. Применение в составе полимерной основы пластифицированного коагулюма обеспечивает физико-механические показатели резин на уровне норм контроля формовых резинотехнических изделий. Отмечено, что лучшим комплексом свойств резиновых смесей и резин обладают образцы на основе полимерных композиций с коагулюмом, пластифицированным комбинацией нефтяных масел. Установлено, что использование латексного коагулюма в составе полимерной основы обуславливает достаточно высокие значения вязкости по Муни и малое время начала вулканизации. Изучено влияние активных химических добавок (производных насыщенных жирных кислот, 2,2-азо-бис-изобутиронитрила) на изменение свойств латексного коагулюма в процессе механической обработки на вальцах. Предложено два способа обработки коагулюма в присутствии ускорителей пластикации. Выявлено, что смешение коагулюма с ускорителями пластикации целесообразно проводить до стадии пластификации коагулюма.

Summary. Properties of the latex coagulum formed during the manufacture of styrene-butadiene latices were investigated. Processing conditions coagulum for further use in the composition of the polymer base composites and rubber compounds were grown. Plasticizers latex coagulum system, improving its handling on the process equipment were developed. In the process of changing the structure of the plasticization of the polymer matrix: solid areas appear in images taken with a scanning probe microscope. Ability to manufacture polymer composites based on treated latex coagulum was shown. When creating the polymeric compositions of styrene-butadiene rubber SCS-30-15 ARKM plasticized coagulum optimum ratio of 70:30 has been selected. Influence the type and dosage of plasticizer viscosity compositions latex coagulum with rubber SKS-30-15 ARKM been established. Application consisting of plasticized polymer base coagulum provides physic-mechanical properties of rubber at the control rules of molded rubber products. It is noted that the best combination of properties of rubber and rubber blends possess samples based polymer compositions coagulum plasticized combination of petroleum oils. It has been established that the use of latex coagulum in the polymer base composition causes sufficiently high values of Mooney viscosity and short curing starts. The influence of active chemical additives (derivatives of saturated fatty acids, 2,2-azo-bis-isobutyronitrile) to change the properties of the latex coagulum during machining on a mill was studied. Two ways of handling coagulum in the presence of accelerators mastication was proposed. Found that mixing coagulum accelerators advisable to carry out before the stage of the plasticizing coagulum.

Ключевые слова: латексный коагулюм, пластификация.

Keywords: latex coagulum, plastification.

Решение проблемы переработки и использования производства синтетических каучуков и латексов неразрывно связано с защитой окружающей среды от загрязнений, комплексным использованием сырья и материалов. Это способствует увеличению производительности технологических процессов, более полному и экономичному использованию химического сырья.

Отходы производства эластомеров – это структурированный полимер, образующийся в полимеризационных батареях, дегазаторах и сушильных агрегатах; высокопластичный полимер, забивающий оборудование; частично разрушенный полимер, или пластикат; загрязненный каучук, образующийся при очистке оборудования; естественные механические потери каучука, образующиеся в случае нерациональной конструкции оборудования и при недостаточной культуре производства; коагулом, образующийся при получении латексов и эмульсионных каучуков; крошка каучука; загрязненная или некондиционная продукция.

Основной компонент коагулома (сополимер) характеризуется содержанием гелевой фракции (количеством сшитых молекул, образующих пространственные структуры), достигающим 80 %; молекулярная масса растворимой части составляет 300–500 тыс. При получении каучуков СКС и СКМС эмульсионной полимеризации отходы образуются на всех стадиях технологического процесса [1-4].

Цель исследований – подбор условий обработки коагулолов для дальнейшего их использования в составе полимерной основы каучук-содержащих композиционных материалов и резиновых смесей.

В качестве объектов исследования использовали латексный коагулом, образовавшийся при получении товарных бутадиен-стирольных латексов следующих марок: БС-50, БС-65 и БС-85. По внешнему виду латексный коагулом представляет собой полимерную крошку с жесткими заструктурированными включениями. Среднее значение показателя потерь массы при сушке (содержание летучих) образцов латексного коагулома, взятого для испытаний от десяти партий составило 17,2 %, что делает невозможным его использование в составе полимерных изделий. Поэтому на первом этапе были проведены работы по снижению содержания летучих латексного коагулома. Для этой цели коагулом подвергали термообработке при 100 °С на червячно-отжимной машине влажности 1,5 %. Далее коагулом поступал в аппарат, где его в течение 15 минут смешивали с подогретыми до 40 °С пластификаторами и подвергали вылежке в течение 16 ч.

Пластификация является одним из способов модификации полимеров [5], связанная с введением в них низкомолекулярных веществ, в результате чего улучшаются его эластические и пластические свойства.

Известно [4-5], что условием, определяющим возможность практического применения низкомолекулярного вещества в качестве пластификатора, является его совместимость с полимером. От выбора пластификатора зависит, осуществляется пластификация на молекулярном или на надмолекулярном (межструктурном) уровнях.

Учитывая условия образования коагулола, можно предположить наличие в нем блоков полистирола, сополимерных участков, фракций полибутадиена. Предполагая селективное действие пластификаторов по отношению к разным блокам, в качестве пластификаторов использовали нефтяное масло ПН-6, промышленное масло И-12А и низкомолекулярный полибутадиен (ПБН) индивидуально и в комбинациях.

На основе пластифицированных коагулолов (8 вариантов) были изготовлены полимерные композиции с каучуком СКС-30АРКМ-15 в соотношении 30:70 [6], определены их физико-химические и технологические свойства, изучена структура срезов образцов на сканирующем зондовом микроскопе Femto Scan-001.

Рентгеноструктурный анализ образцов (рисунок 1) показал, что в процессе пластификации, структура поверхности образцов характеризуется появлением сплошной фазы по сравнению с дискретными изолированными агломератами полимера. В ходе анализа крупных частиц, представляющих собой, скорее всего, агломераты полистирольных блоков, установлено, что пластификаторы проникают внутрь агломерата, способствуя их разрыхлению (образцы №1 и №2) и формированию сплошной полимерной фазы.

Последующая механообработка на вальцах в течение 5 минут мало изменяет структуру поверхности образцов (образец №3). При совмещении с каучуком СКС-30АРКМ-15 в соотношении 30:70 (образец №4) образуется практически однородная полимерная матрица.

Анализ данных таблицы 1 показал, что при введении пластификаторов увеличивается содержание летучих с 1,5 % у коагулола, обработанного на червячно-отжимной машине до 2-5 % у коагулола после пластификации.

При введении пластификаторов улучшалась обработка латексного коагулола на вальцах, что согласуется с данными вязкости по Муни. Отмечены низкие значения вязкости по Муни образцов латексного коагулола, обработанных низкомолекулярным полибутадиеном.

Свойства полимерных композиций пластифицированного коагулюма с каучуком СКС-30АРК (30:70)

Шифры образцов	Пластификатор		Потери массы при сушке, %	Зольность, %	Вязкость по Муни, усл.ед
	тип	содержание, %			
№ 1	И-12А	12	3,94	3,17	31
№ 2	И-12А	18	2,31	5,49	30
№ 3	ПБН	12	4,92	5,51	16
№ 4	ПБН	18	5,19	5,15	14
№ 5	И-12А:ПБН=1:1	12	4,91	3,26	31
№ 6	И-12А: ПБН=1:2	18	2,61	5,82	27
№ 7	И-12А: ПБН=2:1	18	2,62	5,84	28
№ 8	И-12А:ПН-6=1:1	12	3,67	4,78	35

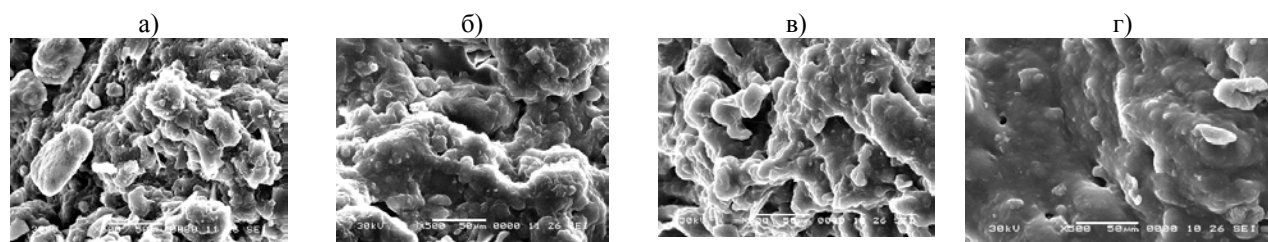


Рисунок 1 – Изменение структуры образцов латексного коагулюма в ходе обработки

а) - исходный коагулюм; б) – пластифицированный системой И-12А+ПН-6; в) - пластифицированный коагулюм, обработанный на вальцах в течение 5 мин.; г) - композиция: пластифицированный коагулюм + каучук СКС-30АРКМ-15 (30:70)

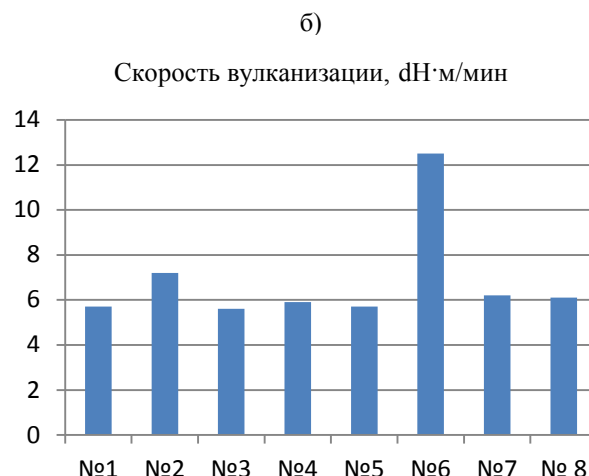
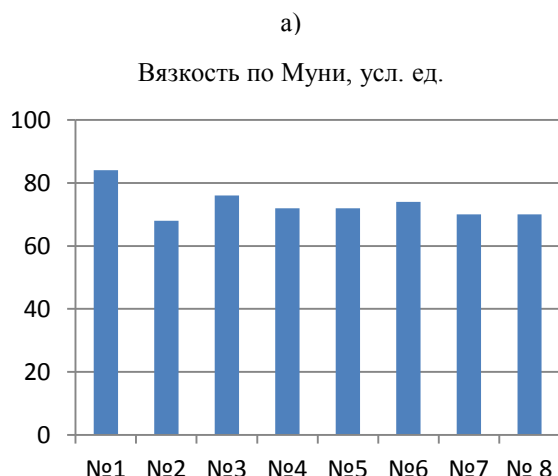
Таблица 2

Свойства полимерных композиций пластифицированного коагулюма с каучуком СКС-30АРК (30:70)

Шифры образцов	Пластификатор		Потери массы при сушке, %	Зольность, %	Вязкость по Муни, усл.ед
	тип	содержание, %			
№ 1	И-12А	12	3,94	3,17	31
№ 2	И-12А	18	2,31	5,49	30
№ 3	ПБН	12	4,92	5,51	16
№ 4	ПБН	18	5,19	5,15	14
№ 5	И-12А:ПБН=1:1	12	4,91	3,26	31
№ 6	И-12А: ПБН=1:2	18	2,61	5,82	27
№ 7	И-12А: ПБН=2:1	18	2,62	5,84	28
№ 8	И-12А:ПН-6=1:1	12	3,67	4,78	35

Установлено (рисунок 2), что использование опытных композиций в качестве полимерной основы, обуславливает достаточно высокие значения вязкости по Муни и крутящих моментов

при испытании на реометре, быстрое (около 2 мин) начало вулканизации, что может приводить к ухудшению переработки резиновых смесей и потребует корректировки их рецептуры.



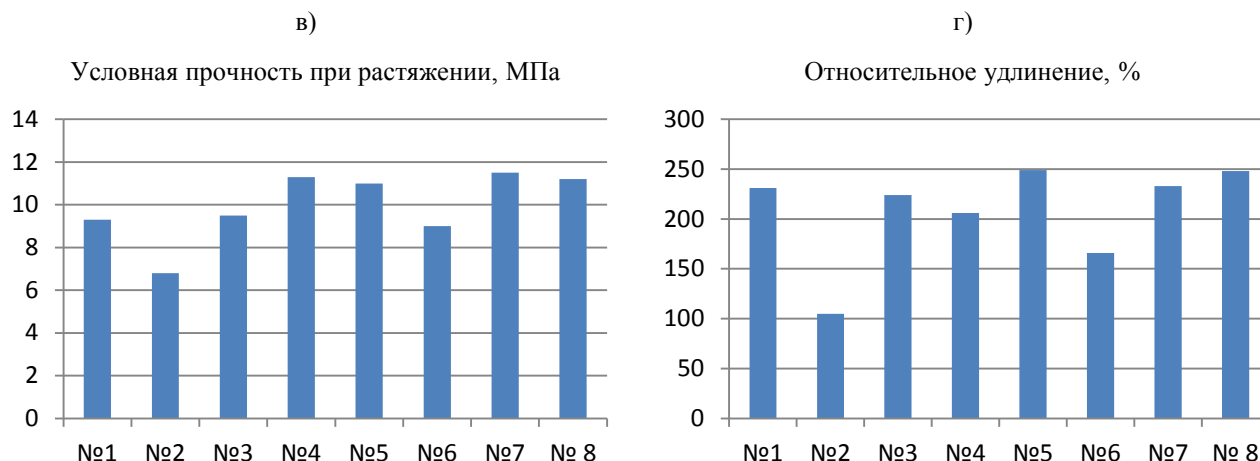
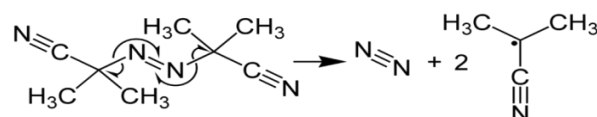


Рисунок 2 – Свойства резиновых смесей и резин на основе пластифицированного коагулюма с каучуком СКС-30АРК (30:70)

Анализ результатов физико-механических испытаний резин показал, что применение в составе полимерной основы пластифицированного коагулюма в комбинации с каучуком СКС-30АРКМ-15 в соотношении 30:70 обеспечивает условную прочность при растяжении на уровне 11 МПа и относительное удлинение до 250 %, что соответствует нормам контроля ряда формовых резинотехнических изделий, поэтому опытные полимерные композиции могут применяться в рецептурах таких изделий для снижения их себестоимости.

Известно [3,4,7], что в процессе механообработки происходит деструкция макромолекул с образованием макрорадикалов, которые могут рекомбинировать или вступать во взаимодействие с другими радикалами, в том числе, активных химических соединений, находящихся в полимерной композиции. Для образования активных радикалов необходимы определенные условия, зависящие от температурных факторов и действия механических сил. В технологии эластомеров для улучшения обрабатываемости композиций применяются ускорители пластикации [4,7]. Изучено влияние активных химических добавок на изменение свойств латексного коагулюма в процессе механической обработки на вальцах. В качестве ускорителей пластикации использовали продукт из смеси цинковых мыл и сложных

эфиров насыщенных жирных кислот (РефOVER марки С102С-12; динитрил азобисизомасляной кислоты (ДАК). Последний при нагревании распадается на свободные радикалы по схеме:



Механообработку в присутствии ускорителей пластикации осуществляли двумя способами.

I. Вводили на вальцах ускоритель пластикации в коагулюм, пластифицировали смесью масел: И-12А:ПН-6 в соотношении 2:1 (общее содержание пластификаторов 20 %). В течение 24 часов подвергали вылежке. Из смеси пластификаторов был исключен ПБН в связи с тем, что в процессе пластикации, активность ускорителя пластикации может снижаться за счет их взаимодействия с макромолекулами ПБН. Шифры полученных образцов – ДАК-I, РефOVER-I (таблица 3).

II. В коагулюм вводили смесь пластификаторов, подвергали вылежке в течении 24 часов, после чего на вальцах вводили ускоритель пластикации. Шифры полученных образцов – ДАК-II, РефOVER-II.

Технические характеристики образцов коагулюма с ускорителями пластикации приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Технические характеристики образцов коагулюма с ускорителями пластикации

Наименование показателей	Эталонный образец	ДАК-I	ДАК-II	РефOVER-I	РефOVER-II
Потери массы при сушке, %	3,63	0,27	0,40	3,45	1,01
Массовая доля золы, %	4,80	4,05	3,79	8,51	8,29
Вязкость по Муни, усл.ед.	35	14	42	28	40
Условная прочность при растяжении, МПа	11,2	9,6	13,0	10,8	12,8
Относительное удлинение, %	248	298	314	305	318

Анализ данных показал, что введение ускорителей пластикации в пластифицированный коагулюм увеличивает вязкость композиций на его основе. Физико-механические показатели резин улучшаются при использовании ускорителей пластикации.

Таким образом, показана возможность изготовления полимерных композиций на основе обработанного латексного коагулюма.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Эмульсионная полимеризация и ее применение в промышленности / Елисеєва В.И. [и др]. М.: Химия, 1976. 240 с.
- 2 Моисеев В.В., Перина Ю.В. Синтетические каучуки России и материалы для их производства. Воронеж: ОАО «Воронежсинтезкаучук», 1999. 50 с.
- 3 Охрана окружающей среды при производстве и переработке мономеров и эластомеров / Куликов Е.П. [и др]. Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство, 2001. 320 с.
- 4 Осошник И.А., Шутин Ю.Ф., Карманова О.В. Производство резиновых технических изделий. В.: ВГТА, 2007. 972 с.
- 5 Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир, 2007. 576 с.
- 6 Пат. № 2333921, RU. Полимерная композиция / Битюков В.К., Тихомиров С.Г., Тарасевич Т.В., Осошник И.А., Карманова О.В., Попова Л.В. Заявл. 07.02.2007; Опубл. 20.09.2008, Бюл. № 26.
- 7 Кузьминский, А.С. Физико-химические основы получения, переработки и применения эластомеров [Текст] / А.С. Кузьминский, С.М. Кавун, В.П. Кирпичев. – М.: Химия, 2006. – 368 с.

Отмечено, что лучшим комплексом свойств резиновых смесей и резин обладают образцы на основе полимерных композиций с коагулюмом, пластифицированным комбинацией нефтяных масел. В ходе исследований установлено, что смешение коагулюма с ускорителями пластикации целесообразно проводить до стадии пластификации коагулюма.

REFERENCES

- 1 Eliseeva, V.I. Emulsion polymerization and its applications in industry [Text] / V.I. Eliseeva, S.S. Ivanchev, S.I. Kuchanov, A.V. Lebedev. – Moscow: Chemistry, 1976. – 240 p.
- 2 Moiseev, V.V. Synthetic rubbers of Russia and materials for their production [Text] / V.V. Moiseev, U.V. Perina. – Voronezh: “Voronezhskintezkauchuk”, 1999. – 50 p.
- 3 Kulikov, E.P. Environmental protection in the production and processing of monomers and elastomers [Text] / E.P. Kulikov, A.V. Gusev, A.E. Shevchenko, A.V. Rachinsky. – Voronezh: Central Black Earth Book Publishers, 2001. – 320 p.
- 4 Ososhnik, I.A. Production of rubber technical products [Text] / I.A. Ososhnik, U.F. Shutin, O.V. Karmanova. – Voronezh: VSUET, 2007. – 972 p.
- 5 Tager, A.A. Physical chemistry of polymers [Text] / A.A. Tager, Moscow: Scientific World, 2007. – 576 p.
- 6 Patent 2333921. Polymer composition [Text] / Bitukov B.K., Tihomirov S.G., Tarasevich T.V., Ososhnik I.A., Karmanova O.V., Popova L.V.; st. 07.02.2007; publ. 20.09.2008, Bill. № 26.
- 7 Kuzminsky, A.S. Physico-chemical bases of reception, processing and use of elastomers [Text] / A.S. Kuzminsky, S.M. Kavun, V.P. Kirpichev. – Moscow: Chemistry, 2006. – 368 p.

Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов

УДК 664.1

Профессор В.А. Голыбин, доцент В.А. Федорук,
студент А.Н. Горохов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии бродильных и сахаристых производств
тел. (473) 255-37-32

профессор Г.К. Подпоринова

(ОАО «Добринский сахарный завод»)

тел. (847462) 2-55-00

E-mail: yzas2006@yandex.ru

Professor V.A. Golybin, associate Professor V.A. Fedoruk,
student A.N. Gorokhov

(Voronezh state university of engineering technology) Department of fermentation technology
and sugar industries

phone (473) 255-37-32

professor G.K. Podporinova

(JSC «Dobrinskii sugar factory»)

phone (847462) 2-55-00

E-mail: yzas2006@yandex.ru

Влияние различных факторов на щелочно-термическое разложение редуцирующих веществ

Influence of various factors on the thermal decomposition of alkaline-reducing substances

Реферат. По современной технологии сахарного производства нормативное разложение редуцирующих веществ, находящихся в очищаемом диффузионном соке, должно быть проведено в процессе основной дефекации с регулируемым температурным режимом в условиях избытка известковой щелочности с последующим удалением появившихся продуктов распада за счет адсорбции карбонатом кальция при обработке сока диоксидом углерода. Экспериментальные данные показывают рост величин скорости термохимического распада сахарозы с повышением температуры, причем в наибольшей степени в опытах с малой долей редуцирующих веществ в растворах. С повышением доли редуцирующих веществ до 0,3 % скорость снижается примерно в два раза; при 80 °C и более обнаружено уменьшение темпа ее прироста. Процессу основной дефекации предшествовала прогрессивная преддефекация, где проходит не только более быстрая эпимеризация, но и разложение менее устойчивой фруктозы в составе редуцирующих веществ с образованием реакционноспособных продуктов, влияющих на щелочность в растворе и состояние поверхности микрочастиц гидроксида кальция. Наличие на этой поверхности ОН-групп и появление в рабочей среде новообразований, имеющих в своих структурах группы (= CO), (= O), (- COH), способствует появлению наведенных водородных связей и частичному уменьшению удельной поверхности массообмена между частицами твердой фазы и компонентами раствора. Карбоксильные группы снижают уровень активной щелочности, который вследствие блокирования ограничен, что уменьшает pH среды и константу распада редуцирующих веществ. При нагревании до 85 °C разложилось около 20 % редуцирующих веществ, а цветность увеличилась на 83,1 %; с учетом нагревания и горячей основной дефекации цветность возросла на 116,9 %. То есть, чем больше редуцирующих веществ остается в растворе после первой ступени основной дефекации, тем сильнее возрастает цветность при последующем нагревании и горячей обработке.

Summary. According to the modern technology of sugar production normative expansion reducing substances in the cleaning diffusion juice, should be held in the main liming controlled temperature with an excess of lime alkalinity, followed by removal of the decay products have appeared due to the adsorption of calcium carbonate in the processing of juice carbon dioxide. Test data show the growth rate of thermochemical quantities of sucrose decay with increasing temperature, with the greatest degree in the experiments with a small share of reducing substances in solutions. With increase in the proportion of reducing substances to 0,3 %, the rate is reduced to about twice, with a 80 °C and found to decrease its rate of growth. Main liming process preceded progressive preliming, not only where the epimerization faster but less stable, and the decomposition of fructose in the composition of the reducing substances to produce reactive products influencing the alkalinity of the solution and the surface state of microparticles of calcium hydroxide. The presence on the surface OH-groups and the appearance of tumors in the working environment, having in their structures group (= CO), (= O), (- COH) contributes to the appearance of induced hydrogen bonds and partial reduction of the specific surface of the mass transfer between the solid particles and the components of the solution. Carboxyl group reduce the level of active alkalinity, which as a result of blocking is limited, which reduces the pH of the environment and the decay constant reducing substances. When heated to about 85 °C decomposed 20% of the reducing substances, and chromaticity increased by 83,1 %, taking into account the heating and hot main liming chromaticity increased by 116,9 %. That is, the more reducing substances remain in solution after the first stage of the main liming, the stronger chroma increases upon subsequent heating and hot workability.

Ключевые слова: сахарная промышленность, редуцирующие вещества, очистка диффузионного сока.

Keywords: sugar industry, reducing agents, cleaning diffusion juice.

© Голыбин В.А., Федорук В.А., Горохов А.Н., 2014

Разложение редуцирующих веществ (РВ) диффузионного сока, должно быть проведено в процессе основной дефекации (ОД) с регулируемым температурным режимом в условиях избытка известковой щелочности с последующим удалением появившихся продуктов распада за счет адсорбции карбонатом кальция при обработке сока диоксидом углерода (сатурация) [1].

Данные таблицы 1 показывают рост величин скорости термохимического распада сахарозы (К) с повышением температуры, причем в наибольшей степени в опытах с малой долей РВ в растворах. С повышением доли РВ до 0,3 % К снижается примерно в два раза; при 80 °С и более обнаружено уменьшение темпа ее прироста.

Т а б л и ц а 1

Влияние различных факторов на скорость термохимического разложения редуцирующих веществ

Температура, °С	Скорость распада РВ ($K \cdot 10^2$, мин ⁻¹) при расходе СаО, %				
	0,5			1,0	
	0,1 % РВ	0,3 % РВ	0,5 % РВ	0,3 % РВ	0,5 % РВ
50	13,4	5,3	4,5	8,9	7,7
60	19,7	8,7	7,5	14,8	11,8
70	25,3	12,4	11,2	20,0	18,2
80	37,6	19,5	15,7	26,8	24,0
90	49,8	23,0	18,5	32,8	29,4

Аналогичный характер влияния РВ на величину К установлен при увеличении их доли до 0,5 % (таблица 1). Расход гидроксида кальция составлял 0,5 %, т.е. полученные результаты являются следствием изменяющихся масс РВ в исходных растворах. Кроме того, процессу ОД предшествовала прогрессивная преддефекация, где проходит не только более быстрая эпимеризация, но и разложение менее устойчивой фруктозы в составе РВ с образованием реакционноспособных продуктов, влияющих на щелочность в растворе и состояние поверхности микрочастиц гидроксида кальция. Наличие на этой поверхности ОН-групп и появление в рабочей среде новообразований, имеющих в своих структурах группы (= CO), (= O), (- COH), способствует появлению наведенных водородных связей и частичному уменьшению удельной поверхности массообмена между частицами твердой фазы и компонентами раствора. Карбоксильные группы снижают уровень активной щелочности, который вследствие блокирования ограничен, что уменьшает рН среды и константу распада РВ.

Для проверки предложенного механизма автоингибирования проведены опыты по разложению РВ (0,1 %) с минимальным расходом реагента, обеспечивающим начальную щелочность 0,1 % СаО и рН₂₀ 12,25. Установлено, что при температуре 50 °С в процессе распада величина рН₂₀ не изменилась, однако щелочность снизилась за 60 мин до 0,06 % СаО. При 70 °С РВ за 60 мин разрушились практически полностью, величина рН₂₀ снизилась до 11,50, щелочность – до 0,035 %. При 90 °С РВ полностью разложились за 25 мин, величина рН₂₀ снизилась до 8,1, щелочность - до 0,012 % СаО. Причем, уже за первые 10 мин разрушилось более 80 % РВ, а величина рН составила 8,8.

Появившиеся в растворе карбоксильные группы быстро снизили активную щелочность почти до нейтральной величины по фенолфталеину. При разрушении оставшихся 14 % РВ обнаружено более заметное снижение щелочности с 0,023 до 0,012 % СаО.

Разложение РВ при пониженной температуре (до 70 °С), как и в ранее проведенном исследовании [1], позволяет получать растворы с меньшей цветностью. При 90 °С за 10 мин разложилось 86 % РВ, при дальнейшем протекании процесса с минимальным снижением их остатка интенсивно увеличивалась цветность. После полного разложения РВ цветность раствора возросла еще на 50 %, что свидетельствует о протекании вторичных процессов [2]. В исследовании А.Р. Сапронова получено увеличение цветности в 1,5 раза при длительном нагревании (25 ч) смеси глюкозы и фруктозы при рН 8 на кипящей водяной бане. В условиях наших опытов такой же рост цветности получен всего за 30 мин при 90 °С и начальной величине рН₂₀ 12,25. Т.е., увеличение активной щелочности в 40 раз явилось главным фактором, повлиявшим на резкое ускорение термохимической конверсии РВ и формирование красящих веществ с относительно постоянным химическим составом. При этом образуются продукты конверсии РВ с молекулярной массой более 5 тыс., что свидетельствует об интенсивном протекании реакции полимеризации молекул красящих веществ уже в ходе горячей ОД [2].

Снижение рН среды внесло существенный вклад в кинетику распада РВ – усредненная скорость распада снизилась до $19,3 \cdot 10^{-2}$ мин⁻¹ или более чем в два раза в сравнении с расходом щелочи 0,5 % СаО. Отрицательно сказалось на стабильности рН и ак-

тивной щелочности раствора отсутствие в нем нерастворившихся частиц гидроксида кальция - поставщиков ионов OH^- . Результаты опытов с 0,1 % РВ и 0,5 % СаО при 50,70 и 90 °С подтвердили определяющее влияние частиц гидроксида кальция. Скорость распада РВ (90 °С) возросла до $49,8 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$. Цветность после разложения моносахаров увеличилась лишь на 10 %, а конечная ее величина снизилась в сравнении с расходом 0,1 % СаО в два раза (0,066 и 0,135 ед.).

Присутствие в растворах частиц нерастворившегося гидроксида кальция особенно заметно влияет на стабилизацию величин рН при повышенных температурах. При расходе 0,1 % СаО pH_{20} 12,25; pH_{90} – 11,00; при вводе 0,5 % СаО соответственно 12,60 и 12,10. Т.е., разница pH_{90} составляла 1,10, что существенно сказалось на постоянстве величины скорости распада РВ и снижении цветности растворов.

Вполне закономерным явилось постоянство величин pH_t реакционных сред после завершения разложения РВ при вводе 0,5 % СаО – отклонения в пределах погрешности рН-метра. Однако снижение титруемой щелочности фильтратов было нами обнаружено - при 50 °С – 0,004 % СаО (1,45 % отн.); при 70 °С – 0,032 % СаО (13,9 % отн.); при 90 °С – 0,050 % СаО (28,9 % отн.). Это говорит об определенном «запаздывании» перехода в раствор Ca^{2+} и OH^- с поверхности частиц гидроксида кальция, что и повлияло на заметное снижение щелочности растворов – при 90 °С почти на 30 %.

Таким образом, присутствие в реакционных средах нерастворившихся частиц гидроксида кальция влияет не только на цветность, но и на стабильность уровня активной щелочности растворов, кинетику распада РВ и состав образующихся продуктов. Полученные результаты позволяют обоснованно устанавливать пропорции распределения гидрок-

сида кальция по отдельным операциям очистки и режимы проведения дефекации перед II сатурацией. Например, при соотношении РВ:СаО, равном 1:1, в жестких условиях оптимальной преддефекации и горячей ОД возможны существенные изменения щелочности растворов, pH_{20} и цветности. Указанная величина соотношения имеет место в реальных условиях в случае осуществления «мягких» режимов обработки на первой дефеко-сатурации при сохранении РВ до завершающей стадии очистки сока – до II сатурации.

При увеличении расхода СаО в 5 раз (РВ : СаО = 1 : 5) и высокой температуре ОД щелочность снижается на 28,9 % при стабильных величинах рН среды. Соотношение 1 : 5 является обычным при переработке свеклы среднего и ухудшенного качества - доли РВ в исходном диффузионном соке более 0,25-0,40 %.

Ввод 1,0 % СаО позволяет обеспечить стабильность щелочности, в отличие от разложения РВ при малом вводе гидроксида кальция, даже в присутствии повышенных долей РВ (до 0,5 %). В производственных условиях не следует увеличивать объемы возврата сока I сатурации на преддефекацию – это снижает щелочность сока ОД и увеличивает присутствие в реакционной среде функциональных групп с двойными связями, частично изолирующих группы OH^- от участия в реакциях распада РВ [3].

Особенно заметны эти отрицательные последствия при высокой температуре ОД, когда восстановление баланса щелочности отстает от поступления в реакционную среду кислых продуктов распада РВ. Разложение 0,1 % РВ при 90 °С вызывало появление в растворе более 3,1 мг-экв кислот - продуктов их распада.

Исследовано влияние температуры, длительности теплой ОД, продолжительности нагревания рабочих растворов (таблица 2). Установлено более полное разложение РВ и значительное снижение оптической плотности (Д) в сравнении с горячей ОД (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Влияние параметров ОД на разложение РВ и оптическую плотность соков

Время, мин	Варианты комбинированной ОД (0,3 % РВ, 0,5 % СаО)					
	Холодная (40 °С) ОД 5 мин, нагревание до 80 °С 9 мин		Теплая ОД (50 °С) 10 мин, нагревание до 80 °С			
			3 мин		9 мин	
	остаток РВ, %	Д, ед./ 100 СВ	остаток РВ, %	Д, ед./ 100 СВ	остаток РВ, %	Д, ед./ 100 СВ
1	2	3	4	5	6	7
Холодные ПД и ОД Холодные ПД и ОД (5 + 10 мин)						
5+5	89,6	0,09	73,8	0,26	74,7	0,25
Нагревание раствора после ОД						
1	-	-	65,2	0,61	68,1	0,33
2	77,2	0,17	56,3	1,31	60,6	0,48
3	69,1	0,32	40,0	2,07	52,0	0,79
4	60,3	0,44	-	-	43,8	1,12
6	40,0	1,29	-	-	29,9	1,91
9	18,8	2,70	-	-	12,0	2,87

1	2	3	4	5	6	7
Горячая ОД						
2	11,0	3,38	12,2	3,19	7,2	3,31
4	7,4	3,71	7,5	3,78	6,0	3,59
6	5,9	3,83	6,0	4,06	5,2	3,73
8	4,5	3,91	5,0	4,26	4,5	3,78
10	3,8	3,98	4,1	4,39	3,9	3,83

Высокая степень разложения РВ в условиях холодно-горячей дефекации объясняется повышенной растворимостью гидроксида кальция в сахарных (10 %) растворах с понижением температуры - при 90 °С 0,110 %; при 50 °С 0,528 %. При последующем нагревании вследствие снижения растворимости образуются лабильные системы с достижением состояния временного пересыщения гидроксида кальция, что способствует увеличению активной щелочности и скорости разложения моносахаров. Повышение pH смеси позволяет при этом получать менее окрашенные продукты распада. Ранее показано, что при рОН около 1,0 оптическая плотность раствора была бы равна нулю, если экспериментально удалось бы достичь такой активности ионов гидроксила.

При быстром нагревании рабочего раствора за 3 мин в благоприятных условиях (высокая щелочность) разлагается 33,8 % РВ, удельная оптическая плотность 3,88 ед./г РВ; при медленном нагревании в состоянии пересыщения гидроксида кальция разлагается 62,7 % РВ, удельная оптическая плотность 2,68 ед./г РВ, что намного ниже величин, полученных при горячей ОД (таблица 2) и соизмеримых со значениями при 70 °С. Разложение РВ при медленном нагревании рабочих растворов положительно сказывается на снижении темпа повышения оптической плотности при последующей горячей ОД - на 0,52 ед. и на 1,20 ед. при быстром (3 мин) нагревании.

Скорость распада РВ при быстром нагревании $18,1 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$, при медленном - $15,8 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$. Для сравнения К распада РВ около $19 \cdot 10^{-2} \text{ мин}^{-1}$ получена для аналогичного соотношения РВ:СаО, но при 80 °С. Следовательно, в процессе нагревания, наряду с повышением температуры, ускорителем реакции является пролонгированный фактор повышенной щелочности в пересыщенном гидроксидом кальция растворе - после нагревания до 80 °С скорость К (отсчет времени 3 мин) превышает K_{80} примерно на 30 %. Это объясняет большую полноту распада РВ после комбинированной ОД (остаток РВ 3,9 %) в сравнении с жесткими условиями: 90 °С, 20 мин - остаток РВ 5,6 %; после ОД при 80 °С остаток РВ 8,2 %.

О целесообразности длительной первой ступени (холодной или теплой) ОД существуют различные мнения [2]. В частности указывается, что ее продолжительность должна составлять 4-6 мин и ее цель - только растворение гидроксида кальция в очищенном соке.

Для оценки влияния теплой ступени ОД исследовали варианты при 50 и 60 °С продолжительностью до 30 мин с последующим нагреванием до 85 °С в течение 9 мин. После теплой ОД (50 °С) достигается меньшая цветность в сравнении с режимом при 60 °С. Конечная степень распада РВ составила 94,8 %. Величина оптической плотности после 30 минут теплой ОД и нагревании до 85 °С составила 4,7 ед.; после горячей (90 °С) - 16,5 ед. при степени распада РВ 94,2 %. Значительная разница по оптической плотности обусловлена в первом случае разложением более 90 % РВ в благоприятных условиях при пониженной температуре и высокой щелочности.

Таким образом, увеличение продолжительности теплой ОД с 10 до 20-30 мин позволяет разложить большую часть РВ с минимальным образованием красящих веществ, а медленное нагревание рабочих растворов до 80-85 °С обеспечивает достаточную конечную глубину конверсии моносахаров. Исследованные варианты ОД явились основой для разработки способа очистки с исключением горячей ступени перед I сатурацией [2].

В производственных условиях сок после теплой ОД быстро нагревается до 85-88 °С и поступает на горячую ОД. После 5-минутной теплой ОД и быстрого (3 мин) нагревания в условиях горячей ОД будет разлагаться 40 % РВ, цветность увеличивается с 2,79 до 8,27 ед., или в 2,96 раза. Если будет осуществляться 10-минутная теплая ОД с медленным нагреванием (9 мин), то в жестких условиях будет подвергаться распаду лишь 12 % РВ, а оптическая плотность возрастет с 2,87 до 3,83, или в 1,33 раза.

Нами исследовано влияние нагревания и последующей горячей 10-минутной ОД на цветность сока. Диффузионный сок (Ч 86,2 %, РВ 0,135 %) обрабатывали 1,0 % СаО при 60 °С в течение 20 мин, затем нагревали 3 мин до 85 °С и выдерживали 10 мин (таблица 3). В пробах сока определяли цветность и массовые доли РВ.

Изменение показателей сока при проведении комбинированной дефекации

Время, мин	Температура, °С	Оптическая плотность, усл.ед	Оптическая плотность, %	Остаток РВ, %
20	60	8,3	100	28,1
21	69	10,3	124,1	20,6
22	78	12,4	149,4	13,9
23	85	15,2	183,1	9,5
25	85	16,3	196,4	7,4
30	85	17,1	206,0	5,2
33	85	18,0	216,9	4,1

Из таблицы 3 видно, что при нагревании до 85 °С разложилось около 20 % РВ, а цветность увеличилась на 83,1 %; с учетом нагревания и горячей ОД цветность возросла на 116,9 %. То есть, подтверждается наш

вывод: чем больше РВ остается в растворе после первой ступени ОД, тем сильнее возрастает цветность при последующем его нагревании и горячей обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1 Голыбин В.А., Федорук В.А. Лавренова М.А., Волошина М.П. Щелочно-термическое разложение редуцирующих веществ диффузионного сока // Вестник ВГУИТ. 2013. № 4. С. 205-209.

2 Голыбин В.А. Совершенствование физико-химической очистки сахарных растворов: монография. Воронеж: ВГТА, 1999. 128 с.

3 Голыбин В.А., Федорук В.А., Лавренова М.А. Факторы эффективности операций первого этапа известково-углекислотной очистки диффузионного сока // Вестник ВГУИТ. 2013. № 2. С. 182-186.

REFERENCES

1 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Lavrenova M.A., Voloshina M.P. Thermal decomposition of alkaline-reducing substances raw juice. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4, pp. 205-209. (In Russ.).

2 Golybin V.A. Sovershenstvovanie fiziko-khimicheskoi ochistki sakharnykh rastvorov [Improvement of physico-chemical treatment of sugar solutions]. Voronezh, VGTA, 1999. 128 p. (In Russ.).

3 Golybin V.A., Fedoruk V.A., Lavrenova M.A. Factors efficiency of operations of the first phase of lime-carbon dioxide purification raw juice. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no 2, pp. 182-186. (In Russ.).

УДК 664.1.031

Доцент М. Г. Магомедов, доцент Л.А. Лобосова

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

тел. (473) 255-38-51

E-mail: mmg@inbox.ru

доцент А.А. Дерканосова

(Воронеж.гос. ун-т. инж. технол.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса

тел. (473) 255-37-72

E-mail: aa-der@yandex.ru

Associate professor M.G. Magomedov, Associate professor L.A. Lobosova

(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology baking, confectionery, pasta and grain processing industries

phone (473) 255-38-51

E-mail: mmg@inbox.ru

associate Professor A.A. Derkanosova

(Voronezh state university of engineering technology) Department of service and restaurant business. phone (473) 255-37-72

E-mail: aa-der@yandex.ru

Получение концентрированного сока сахарной свеклы и перспективы его использования

The production of concentrated sugar beet juice and perspectives of its use

Реферат. При разработке технологии получения концентрированного сока сахарной свеклы были апробированы различные варианты получения данного продукта и подобраны рациональные режимы для предложенной технологии. Концентрированный сок сахарной свеклы получают следующим образом: сахарную свеклу моют в моечном агрегате непрерывного действия, inspectируют, гнилую или испорченную свеклу удаляют из цикла, а недостаточно очищенные корнеплоды направляют на повторную мойку. Затем, применив тепловую обработку сахарной свеклы, с нее удаляют кожицу. Очищенные корнеплоды имеют белый цвет. Их измельчают до размеров частиц 3-4 мм, смешивают с подкисленной до pH 3,5-4,0 водой (гидро модуль 1-1,2), затем полученную массу нагревают до температуры 80 °С. Использование подкисленной воды необходимо для предотвращения инициации потемнения. Далее полученную массу сахарной свеклы подают на прессование для получения сока. Отпрессованный сок в зависимости от исходной свеклы содержит 12 % СВ и 1,5-3 % редуцирующих веществ (РВ) от общей массы сухих веществ. Концентрируют сок под разрежением 0,008 МПа при температуре кипения до 60 °С до содержания СВ 70 %. Благодаря щадящему режиму распад сахаров идет менее интенсивно, продукт получается хорошего качества. При концентрировании одновременно с паром удаляются летучие вещества, которые придают специфический запах, что улучшает вкус и запах сока. При таком режиме процесс гидролиза сахаров идет интенсивно, происходит нарастание редуцирующих веществ до 20 %, цветность увеличивается до 40 ед. оптической плотности. Результаты исследований позволяют рекомендовать полученный продукт в качестве заменителя сахарного сиропа.

Summary. Different methods of obtaining the product given were tested and rational modes for the proposed technology were chosen in the development of technology for production of sugar beet concentrated juice. The sugar beet concentrated juice is obtained as follows: sugar beets are washed in the continuous action washing machine, checked, rotten or spoiled beets are removed from the cycle, and insufficiently treated roots are directed to re-washing. Then with the help of thermal processing the sugar beet is peeled. The peeled roots are white. They are crushed to the 3-4 mm particles size, mixed with acidified to pH 3,5-4,0 water (hydro-module 1-1.2), then the resulting mass is heated to 80 °C temperature. The use of acidified water is necessary to prevent the darkening initiation. Then the received sugar beet mass is fed to pressing to obtain its juice. The pressed juice depending on the beet source contains 12 % of DS and 1.5-3 % reducing substances (RS) of the total mass of dry substances. The juice concentration is under the suction of 0.008 MPa at the boiling temperature of up to 60 °C to the content of 70 % DS. Due to the delicate mode, the sugars breakdown is less intensive, the finished product is of good quality. At the simultaneous concentration with steam the volatile substances with a specific smell are removed, that improves the juice taste and smell. Under this mode, the sugar hydrolysis is intensive, there is a growth reducing substances up to 20 %, the color is increased to 40% density. The research results allow to recommend the product obtained as the sugar syrup substitute.

Ключевые слова: концентрированный сок сахарной свеклы, кондитерские изделия, новое российское сырьё.

Keywords: concentrated sugar beet juice, confectionery, new Russian raw materials.

© Магомедов М.Г., Лобосова Л.А., Дерканосова А.А., 2014

В кондитерской промышленности постоянно ведётся работа по рациональному использованию сырьевых ресурсов, по снижению в изделиях массовой доли сахара, какао бобов, орехов и других видов основного сырья [1].

Решению этой задачи способствует внедрение местного и нетрадиционного сырья, позволяющего сбалансировать питание, для получения новых видов кондитерских изделий массового производства повышенной пищевой ценности, обогащённых белками, микроэлементами, минеральными солями, а также разработка технологий, предусматривающих рациональную замену основных видов сырья [2].

Установлено, что пектиновые вещества, содержащиеся в клеточных стенках, обладают свойством переводить накапливающиеся в организме человека тяжелые металлы и ра-

дионуклиды в связанные комплексы и выводить их в таком виде из организма.

Основным недостатком многих отечественных и импортных пищевых продуктов питания продолжает оставаться их высокая энергетическая ценность, отсутствие сбалансированного состава и высокая себестоимость продукции. Одним из вариантов решения этой задачи является использование полуфабрикатов, полученных из сахарной свеклы, в частности, концентрированного сока сахарной свеклы [3, 4, 5, 6].

При разработке технологии получения концентрированного сока сахарной свеклы были апробированы различные варианты получения данного продукта. Структурная схема получения концентрированного сока сахарной свёклы представлена на рисунке 1.

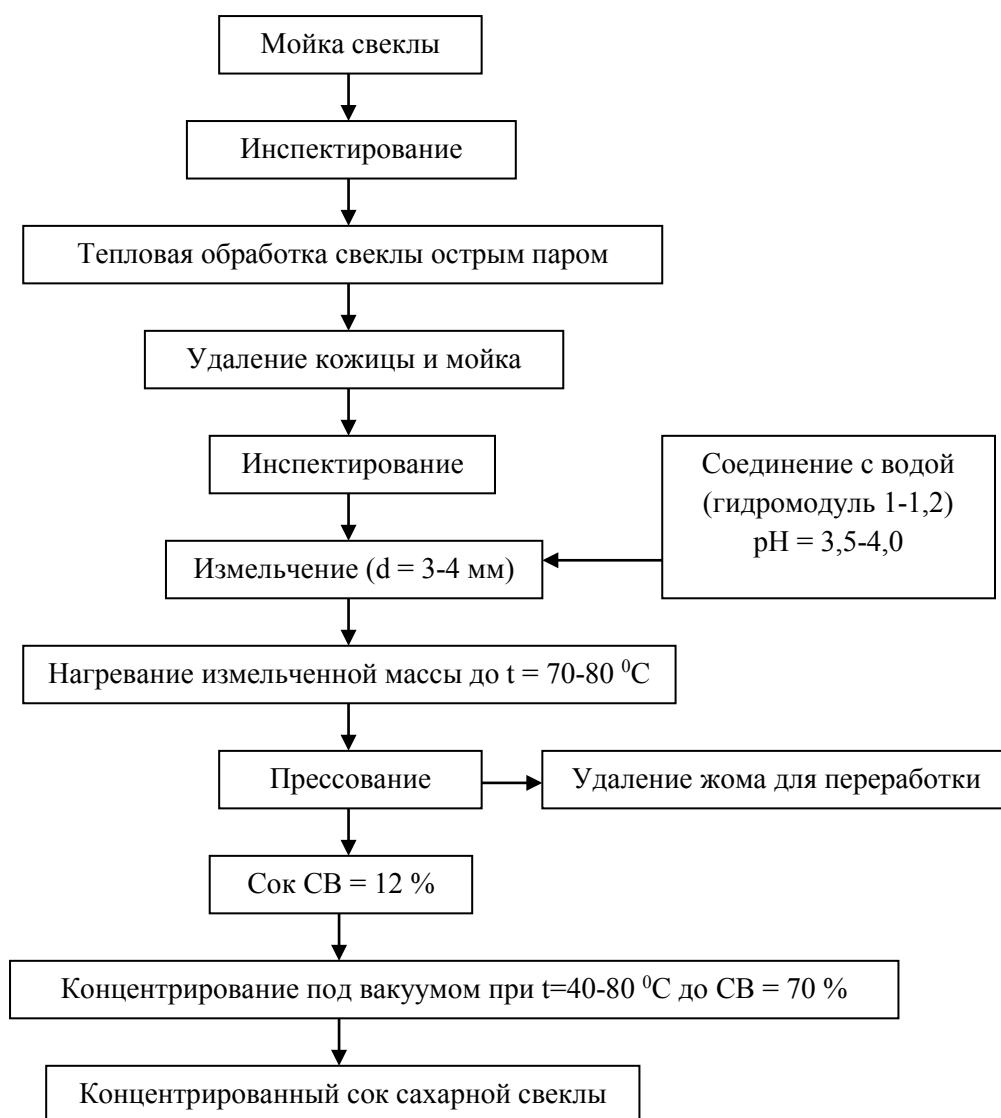


Рисунок 1. Структурная схема получения концентрированного сока сахарной свёклы

Например, по способу 1, свекловичный концентрированный сок получают следующим образом: сахарную свеклу моют в моечном агрегате непрерывного действия, что помогает удалить с ее поверхности основную массу грязи.

При инспектировании гнилую или испорченную свеклу удаляют из цикла, а недостаточно очищенные корнеплоды направляют на повторную мойку.

Затем, применив тепловую обработку сахарной свеклы, с нее удаляют кожицу. Снятие поверхностного слоя позволяет на 90 % удалить вредные вещества, которые сахарная свекла может накапливать в процессе роста (нитраты, нитриты, тяжелые металлы, пестициды). Поверхностный слой аккумулирует основное количество полифенолоксидазы – фермента, являющегося основным фактором окислительных процессов (потемнения).

Очищенные корнеплоды имеют белый цвет. Их измельчают до размеров частиц 3-4 мм, смешивают с подкисленной до pH 3,5-4,0 водой (гидро модуль 1-1,2), затем полученную массу нагревают до температуры 80 °С.

Использование подкисленной воды необходимо для предотвращения инициации потемнения. При нагревании кислая среда создает благоприятные условия для гидролиза остатков сапонины, возможных нитритов и нитратов. Сапонин гидролизует на моносахарид и остаток несакхарной части (анион алейной кислоты), образующий соль, и далее не представляет опасности. Далее полученную массу сахарной свеклы подают на прессование для получения сока.

Отпрессованный сок в зависимости от исходной свеклы содержит 12 % СВ и 1,5-3 % редуцирующих веществ (РВ) от общей массы сухих веществ. В нем ингибированы реакции потемнения, и он имеет матовый цвет.

Сок содержит все незаменимые аминокислоты, пектин, ценный минеральный состав (К, Mg, Ca, Na, фосфаты, сульфаты, силикаты, хлориды), белки, бетаин.

Органолептические и физико-химические показатели сока сахарной свеклы представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Органолептические и физико-химические показатели сока

Наименование показателя	Значение показателя
Органолептические:	
Запах	свойственный исходному продукту,
Вкус	без постороннего запаха
цвет	свойственный исходному продукту,
	без постороннего вкуса
	светло-матовый
Физико – химические:	
сухие вещества, %	12,00
редуцирующие вещества, %	1,10
кислотность	
–активная	4,53
содержание сахарозы, %	10,20
пектин, %	0,30
плотность, кг/м ³	1053,00
оптическая плотность, усл. ед.	24,21

Концентрируют сок под разрежением 0,095 МПа при температуре кипения 40 °С до содержания СВ 70 %. Благодаря щадящему режиму, распад сахаров идет менее интенсивно, продукт получается хорошего качества. При концентрировании одновременно с паром удаляются летучие вещества, которые придают специфический запах, что улучшает вкус и запах сока. При таких параметрах уваривания нарастание редуцирующих веществ происходит до 10 %, цветности – до 40 ед. оп. плотно-

сти. Сок с таким количеством сухих веществ получается менее вязким, более текучим. Качественные показатели позволяют широко использовать этот полуфабрикат, но производство такого концентрированного сока осложнено тем, что необходимо выдерживать низкую температуру уваривания.

Способ 2: отличается тем, что концентрацию сока проводят под разрежением 0,08 МПа при температуре кипения до 60 °С до сухих веществ 70 %. При таком режиме про-

цесс гидролиза сахаров идет интенсивнее, нарастание редуцирующих веществ 17-20 %, цветность увеличивается до 40 ед. оп. плотности. Этот концентрированный сок имеет большую вязкость по сравнению со способом 1. Для применения в промышленности способ 2 наиболее приемлемый, так как температура уваривания под вакуумом достигает 60 °С, продукт имеет широкие возможности применения, хорошие качественные показатели.

Способ 3: отличается тем, что концентрацию сока проводят под разрежением

0,05 МПа при температуре кипения до 80 °С до сухих веществ 70 %. При таком режиме процесс распада сахарозы идет интенсивно, нарастание редуцирующих веществ до 25-30 %, цветность увеличивается до 40-50 ед. оп. плотности. Из-за показателей качества есть ограничения в применении.

В готовом концентрированном соке сахарной свеклы были определены его органолептические и физико-химические показатели качества, которые представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Органолептические и физико-химические показатели качества концентрированных соков сахарной свеклы уваренных при разных температурах

Наименование показателей	Концентрированный сок сахарной свеклы (уваренный при температуре 40 °С)	Концентрированный сок сахарной свеклы (уваренный при температуре 60 °С)	Концентрированный сок сахарной свеклы (уваренный при температуре 80 °С)
Внешний вид	Светло-желтый с серым оттенком	Светло-коричневый	Темно-коричневый
Вкус и запах	Сладкий, близкий к сахарному сиропу, без посторонних привкусов, без запаха	Сладкий, близкий к сахарному сиропу, без посторонних привкусов, без запаха	Сладкий с горчинкой, близкий к сахарному сиропу, без посторонних привкусов, с запахом жженого сахара
Массовая доля влаги, %	30,00	30,00	30,00
Массовая доля редуцирующих веществ, %	8,20	17,90	27,50
Активная кислотность, %	4,30	4,30	4,10
Кислотность(в пересчете на яблочную кислоту), %	0,78	0,76	0,76
Цветность, оптическая плотность, усл. ед.	37,3	39,06	45,51

Увеличение температуры при уваривании сока сахарной свеклы способствует повышению массовой доли редуцирующих веществ, увеличению насыщенности цвета, а также ухудшению его органолептических показателей качества.

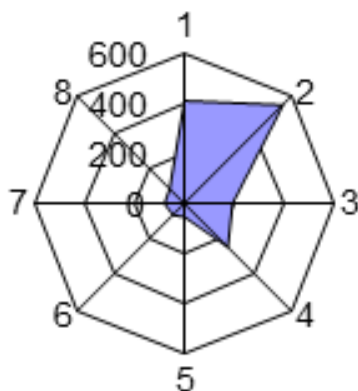
Для определения летучих ароматизирующих компонентов использовали метод пьезокварцевого микровзвешивания, основанного на применении массочувствительных пьезорезонаторов [6].

Применение указанного метода увеличивает объективность оценки запаха и позволяет характеризовать запах количественно. Для тестирования запаха применяли матрицу на основе 8 сенсоров. В качестве количествен-

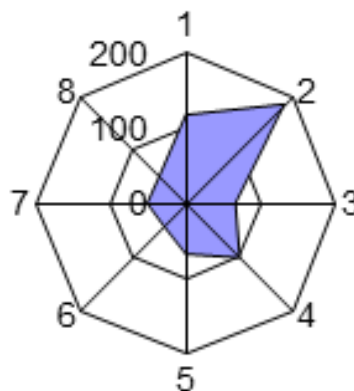
ного критерия оценки запаха применена площадь «визуального отпечатка» запаха. В оптимальных условиях функционирования матрицы получены «визуальные отпечатки» запахов свекловичных соков уваренных при различных температурах. Результаты исследований представлены на рисунке 2.

Сенсорометрическая оценка запаха позволяет:

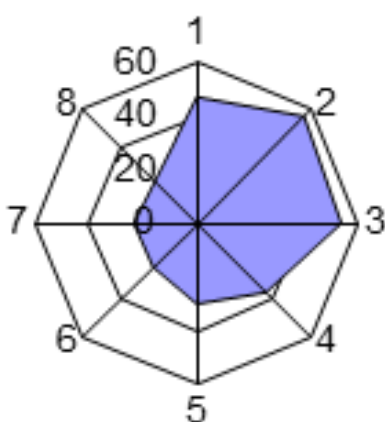
- установить существенное влияние температуры уваривания соков на запах;
- количественно оценить степень изменения запаха продукта;
- упростить методику органолептических испытаний и повысить их объективность [6].



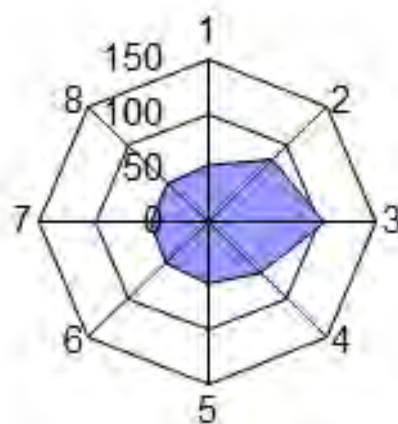
1. Исходный сок СВ-12 %



2. Концентрат $t_{\text{уваривания}}=40^{\circ}\text{C}$; до СВ=70 %



3. Концентрат с $t_{\text{уваривания}}=60^{\circ}\text{C}$; до СВ=70 %



4. Концентрат с $t_{\text{уваривания}}=80^{\circ}\text{C}$; до СВ=70 %

Рисунок 2. «Визуальные отпечатки» запахов свекловичных соков:

1) исходного сока; 2) уваренного при $t=40^{\circ}\text{C}$; 3) уваренного при $t=60^{\circ}\text{C}$; 4) уваренного при $t=80^{\circ}\text{C}$.

Как видно из диаграмм, с увеличением температуры увеличивается количество удаляемых летучих ароматообразующих веществ.

При концентрировании под вакуумом происходит удаление летучих ароматообразующих веществ одновременно со вторичным паром, что меняет вкус и запах соков. Этот фактор играет отрицательную роль при концентрировании фруктовых соков, так как удаление ароматических веществ приводит к ухудшению вкуса и запаха соков. В нашем

случае удаление ароматических веществ влияет положительно на вкус и запах сока, так как уменьшается характерный запах сахарной свеклы, что улучшает его органолептические показатели.

Используя полученные результаты исследований, концентрированный сок сахарной свеклы возможно рекомендовать в качестве заменителя сахара. Заменить сахар можно частично или полностью в зависимости от рецептуры изделия и показателей качества.

ЛИТЕРАТУРА

1 Олейникова А. Я., Аксенова Л.М., Магомедов Г.О. Технология кондитерских изделий: учебник. СПб.: Изд-во «РАПП», 2010. 672 с.

2 Магомедов Г.О., Магомедов М.Г. и др. Использование полуфабрикатов из сахарной свеклы в кондитерской отрасли // Вестник ВГТА. 2008. № 1. С. 60-64.

3 Магомедов М. Г. Технология получения порошкообразного полуфабриката из сахарной свеклы // Известия вузов. Пищевая технология. 2014. № 1. С. 54-57.

4 Магомедов Г.О., Олейникова А.Я., Плотникова И.В., Лобосова Л.А. Функциональные пищевые ингредиенты и добавки в производстве кондитерских изделий: учебное пособие. Воронеж: ВГУИТ, 2012. 720 с.

5 Родионова Н.С., Дерканосова А.А. Анализ экономической эффективности инновационной технологии производства мучных кондитерских изделий для бортового питания // Вестник ВГТА. 2011. № 4. С. 58-61.

6 Дерканосова А.А., Белокурова Е.В. Пищевые сухие композитные смеси в производстве мучных кулинарных и хлебобулочных изделий функционального назначения // Вестник ВГУИТ. 2013. №2. С. 119-124.

7 Пат. № 2412436, RU, МКП кл. 7 А 23 С 9/20. Способ определения количества холинхлорида в премиксах / Шевцов А.А., Кучменко Т.А., Шенцова Е.С. Дранников А.В., Дерканосова А.А. № 2008140886/06, Заявл. 25.08.2009; Оpubл. 20.02.2011, Бюл. № 5.

REFERENCES

1 Oleinikova A.Ia., Aksenova L.M., Magomedov G.O. Tehnologiiia konditerskikh izdeliy [Technology of confectionery products]. Sent-Petersburg, Izd-vo «RAPP», 2010. 672 p. (In Russ.).

2 Magomedov G.O., Magomedov M.G., Vertiaikov F.N., Astredinova V.V. The use of semi-finished products of sugar-beet in the confectionery industry. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2008, no. 1, pp. 60-64. (In Russ.).

3 Magomedov M. G. The technology of obtaining powder semi-finished sugar-beet. *Izvestiia vuzov. Pishchevaia tekhnologiiia*. [Proceedings of the universities. Food technology], 2014, no. 1, pp. 54-57. (In Russ.).

4 Magomedov G.O., Oleynikova A.Ia., Plotnikova I.V., Lobosova L.A. Funktsionalnye pishchevye ingredient i dobavki v proizvodstve konditerskikh izdelii [Functional food ingredients and additives in the production of confectionery], Moscow, 2012. 720 p. (In Russ.).

5 Rodionova N.S., Derkanosova A.A. Analysis of economic efficiency of innovative technology for the production of flour confectionery products for the onboard nourishment. *Vestnik VGTA*. [Bulletin of VSTA], 2011, no. 4, pp. 58-61. (In Russ.).

6 Derkanosova A.A., Belokurova E.V. Food composite dry mixtures in the production of flour cooking and bakery products of functional purpose. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 2, pp. 119-124. (In Russ.).

7 Shevtsov A.A., Kuchmenko T.A., Shentsova E.S., Drannikov A.V., Derkanosova A.A. Sposob opredeleniia kolichestva kholinkhlorida v premiksakh [The method for determining the number of kolinared premixes]. Patent RF, no. 2412436, 2011. (In Russ.).

УДК 338.49

Профессор А.И. Хорев

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга
тел. (473) 255-37-82

E-mail: al.khorev@gmail.com

доцент В.Б. Артеменко

(Институт менеджмента, маркетинга и финансов) кафедра финансов и кредита
тел. (473) 246-17-76

E-mail: artvik1973@yandex.ru

Professor A.I. Khorev

(Voronezh state university of engineering technology) Department of economic security and financial monitoring.

phone (473) 255-37-82

E-mail: al.khorev@gmail.com

associate Professor V. B. Artemenko

(Institute of management, marketing and finance) Department of finance and credit

phone (473) 246-17-76

E-mail: artvik1973@yandex.ru

Теоретические и практические аспекты исследования потенциала сбалансированного развития инновационно-активных организаций

Theoretical and practical aspects of exploration the innovative active organizations' potential of a balanced development

Реферат. Понятие «потенциал» введено в практику исследования как прием разрешения неопределенности, связанной с отсутствием какой-либо информации об условиях функционирования в будущем. Важнейшую значимость имеет исследование потенциала развития хозяйствующего субъекта. С.И. Ожегов отмечал, что развитие – процесс закономерного изменения, перехода из одного состояния в другое, более совершенное, переход от старого качественного состояния к новому, от простого к сложному, от низшего к высшему. В статье рассмотрено сущностное содержание потенциала сбалансированного развития на основе изучения взаимосвязи понятий «потенциал предприятия», «развитие хозяйствующего субъекта», «сбалансированное развитие». Особое внимание уделено специфике развития инновационно-активных организаций. Сделан вывод, что для своевременного выявления потенциальных возможностей сбалансированного развития необходимо проводить комплексный анализ условий и факторов функционирования хозяйствующего субъекта, сгруппированных в три группы: факторы макро-, мезо- и микроуровня. В статье проведено комплексное исследование факторов, определяющих перспективное развитие инновационно-активного предприятия. Показано, что результативность сбалансированного развития инновационно-активных организаций в целом и объекта исследования в частности обуславливается взаимоувязкой таких основных факторов как структура и потребности рынка, ресурсная база инновационного развития, эффективная система управления развитием, активность инновационной деятельности. Авторы считают, что учет разностороннего влияния указанного комплекса факторов позволит инновационно-активным организациям выстраивать систему управления, позволяющую более точно прогнозировать направления их перспективного развития.

Summary. The concept of "potential" put into practice as a method of study permits the uncertainty associated with the absence of any information about the conditions of functioning in the future. Critical importance is the study of the potential development of an economic entity. S.I. Ozhegov noted that development - natural process changes, the transition from one state to another, more perfect, the transition from an old qualitative state to a new, simple to complex, from lowest to highest. The essential content of balanced development potential based on study of the relationship concepts of «potential of the company», «the development of an economic entity», «balanced development» have been considered in the article. Particular attention is paid to the specifics of development of innovation-active organizations. Conclusion has been made that to the timely detection of potential balanced development need a comprehensive analysis of the conditions and factors functioning economic entity, which have been grouped into three groups: factors of macro, meso and micro level. A comprehensive study of the factors determining the future development of innovation-active enterprises has been conducted in the article. It is shown that the effectiveness of the balanced development of innovation-active organizations in general, and the object of research, in particular, is determined by such factors as the structure and needs of the market, the resource base of innovative development, effective management system development, innovation activity. The authors believe that the inclusion of the multifaceted impact of factors will allow innovative active organizations to build a control system which allows more accurately predict the perspective direction of their future development.

Ключевые слова: потенциал, сбалансированное развитие, инновационно-активные организации.

Keywords: potential, balanced development, innovation-active organizations.

© Хорев А.И., Артеменко В.Б., 2014

Понятие «потенциал» введено в практику исследования как прием разрешения неопределенности, связанной с отсутствием какой-либо информации об условиях функционирования в будущем [1]. Термин «потенциал» в своем этимологическом значении происходит от латинского слова «*potentia*» что означает скрытые возможности, мощь, силу. Согласно С.И. Ожегову, потенциал представляет собой степень мощи в каком-либо отношении, совокупность средств, возможностей для чего-либо [2]. Широкая трактовка смыслового содержания понятия «потенциал» состоит в его рассмотрении как «источника возможностей, средств, запаса, которые могут быть приведены в действие, использованы для решения какой-либо задачи или достижения определенной цели; возможности отдельного лица, общества, государства в определенной области» [3].

Для построения прогнозов, составления планов, принятия эффективных управленческих решений необходимо располагать объективной информацией о возможностях предприятия в достижении поставленных целей в различных направлениях деятельности. Наиболее важным является обладание совокупной, интегральной оценкой, которая бы включала все возможности и учитывала бы все ограничения. Интегральные способности предприятия направлены на то, чтобы максимально удовлетворять потребности потребителей, рационально используя при этом ресурсы и учитывая интересы государства, партнеров по бизнесу характеризует понятие «потенциал» предприятия. Остановимся более подробно на выявлении сущности данного понятия.

Качественно новые факторы, влияющие на функционирование хозяйствующих субъектов в рыночной экономике, оказывают существенное влияние на процесс формирования потенциала предприятия. В их числе большинство исследователей называют усиление конкуренции, неустойчивость хозяйственных связей, высокую инфляционную динамику платежных средств, возрастающие требования к кадрам и управленческому персоналу, высокую нестабильность внешней среды, невосприимчивость к инновациям и другие [3]. Базируясь на изучении и анализе отечественных и зарубежных подходов к определению понятия «потенциал», мы считаем, что потенциал предприятия представляет собой объективные возможности по максимальному использованию имеющихся ресурсов для достижения поставленных целей. В

целом его можно определить следующим образом: потенциал предприятия - это совокупность средств, источников, возможностей и способностей, использование которых может быть направлено для решения каких-либо задач в определенной сфере деятельности предприятия и каждого отдельно взятого сотрудника.

Определение экономического потенциала предприятия связано с учетом его целенаправленной деятельности, т.е. для того, чтобы организация достигла максимальных возможностей в какой-либо сфере деятельности, необходимо, чтобы она стремилась к реализации этих возможностей посредством целенаправленного управления ими. При определении потенциала предприятия необходимо учитывать, что любая целенаправленная деятельность ограничена пределами, определяемыми границами функционирования.

Важнейшую значимость имеет исследование потенциала развития хозяйствующего субъекта. С.И. Ожегов отмечал, что развитие – процесс закономерного изменения, перехода из одного состояния в другое, более совершенное, переход от старого качественного состояния к новому, от простого к сложному, от низшего к высшему [2]. Своеобразие и сложность современной экономической политики, неустойчивость финансового состояния значительного количества хозяйствующих субъектов привели многие отечественные предприятия к низким результатам деятельности, ошибочному характеру принятия управленческих решений по коренным вопросам развития.

На предприятиях возникли острые проблемы, связанные с несбалансированностью имущественных отношений, организацией инвестирования развития производства, формированием сырьевой базы, финансового обеспечения текущей деятельности. Большинство ведущих отечественных и зарубежных экспертов и ученых отмечают рост заинтересованности руководителей российских предприятий в повышении эффективности деятельности, обеспечении устойчивого функционирования и дальнейшего развития хозяйствующих субъектов. Между тем, в настоящее время, наблюдается низкое качество управления развитием. В этих условиях главное значение имеет способность быстро реагировать на изменения внешней среды, перманентно повышать уровень квалификации персонала на основе его обучения, своевременно переходить на инновационные перспективные виды технологии и продукции [4].

Для сбалансированного развития хозяйствующего субъекта существенен баланс между интересами стратегической устойчивости и интересами развития организации. Опыт успешных в условиях рыночной конкуренции фирм подтверждает то, что для сбалансированного развития необходимы гибкость и быстрота реакций на изменения конъюнктуры рынка, повышение конкурентоспособности продукции и производства, высокая инвестиционная активность, ликвидность и финансовая стабильность и широкое использование инновационных факторов саморазвития. Именно это позволяет сформировать динамически равновесную целостную сбалансированную систему, самостоятельно определяющую свое целенаправленное движение в настоящем и будущем [5, 6].

Особую сложность имеет достижение сбалансированности развития инновационно-активных организаций. Основное функциональное назначение такого хозяйствующего субъекта – прирост экономики за счет производства знаний (для модернизации и обновления системы производства, продукции, услуг, и процессов). Смысл эффективно функционирующего инновационно-активного хозяйствующего субъекта состоит в объединении его отдельных элементов, координации их деятельности, поддержании инновационной инфраструктуры и определении путей постоянного роста эффективности на основе ускоренного освоения инноваций.

Сбалансированное развитие хозяйствующего субъекта по инновационной модели Артеменко В.Б. определено как комплексное и сбалансированное создание, освоение и использование процессных и продуктовых инноваций для улучшения конкурентных позиций инновационно-активной организации на определенных сегментах рынка [7]. Целью сбалансированного развития инновационно-активных хозяйствующих субъектов является их целенаправленная адаптация к изменениям внешней и внутренней среды на основе использования потенциальных инновационных возможностей.

При этом сбалансированное развитие представляется как поэтапное развитие с последовательным достижением поставленных целей, максимальным использованием потенциальных возможностей, гибкого реагирования на любые изменения на основе качественной подготовки к ним, успешного преодоления возможных сопротивлений [8]. Актуальным является поиск таких подходов к управлению

инновационно-активными хозяйствующими субъектами, которые с одной стороны обеспечивали бы его устойчивость функционирования в условиях неопределенности влияния внешней среды, а с другой - допускали изменения параметров внутренней среды с целью их дальнейшего развития [9]. Для этого необходимо проводить анализ и оценку состояния данного хозяйствующего субъекта, своевременно выявлять его позитивные и негативные стороны, а также потенциальные возможности его сбалансированного развития.

Методологической и информационной базой для выявления потенциальных возможностей сбалансированного развития хозяйствующего субъекта служит комплексный анализ условий и факторов. Условия и факторы, влияющие на экономический потенциал предприятия, отражают причинно-следственные связи, определяющие процесс его дальнейшего развития. Понятию «фактор» обычно дается определение той движущей силы, которая воздействует на формирование системы или на систему при различных материально-технических, общественно-экономических, естественно-природных условиях. Условия же обеспечивают действия тех или иных факторов, определяющих формирование системы, или саму систему. Факторы действуют до тех пор, пока сохраняются породившие их условия, в числе которых можно выделить главные: уровень развития производительных сил; систему производительных отношений, естественные условия [3]. Факторы отличаются от условий тем, что их можно непосредственно применять для целенаправленного воздействия на процесс создания системы или его основных элементов. Условия – более пассивный элемент, факторы же более динамичны, чем условия.

Факторы, определяющие потенциал сбалансированного развития инновационно-активных организаций, представляют собой существенные обстоятельства, непосредственно влияющие на процессы устойчивого функционирования и сбалансированного развития предприятий. Классификация факторов, влияющих на потенциал сбалансированного развития – деление их множества на подмножества по определенным признакам. Систематизация установленных в результате исследования основных факторов позволит целенаправленно подходить к поиску возможных путей повышения степени сбалансированности перспективного развития хозяйствующего субъекта [10].

С точки зрения авторов, факторы, влияющие на потенциал сбалансированного развития инновационно-активных хозяйствующих субъектов, целесообразно выделить в три группы:

- факторы макроуровня, характеризующие среду косвенного окружения;
- факторы мезоуровня, характеризующие среду непосредственного окружения;
- факторы микроуровня, характеризующие внутреннюю среду организации.

Макросреда и мезосреда относятся к внешнему окружению организации. Задачи анализа внешней среды состоят:

- в изучении изменений, влияющих на текущую деятельность организации, и установлении их тенденций;
- в установлении и оценке факторов, представляющих угрозу или способствующих развитию предприятия.

Макроокружение создает общие условия, в которых действует предприятие, определяя для него и других предприятий границы допустимого и недопустимого. Макроокружение по отношению к предприятию выступает:

- как причина и условие ограничения (или возможности расширения) деятельности;
- как предпосылка, вызывающая необходимость изменений на предприятии.

При анализе макроокружения необходимо охарактеризовать его основные составляющие: социальную, экономическую, правовую, политическую и технологическую.

К мезосреде относят ту часть внешней среды, с которой организация имеет конкретное и непосредственное взаимодействие. В центре внимания находятся потребители, конкуренты, поставщики. Задача анализа состоит в оценке состояния и развития ситуации на рынке и определения конкурентных позиций предприятия на нем. Анализ следует проводить от общего к частному, т.е. начиная с изучения общих экономических условий, складывающихся в отрасли, увеличивая затем степень информированности и конкретизации.

Практически все факторы внешней среды относятся к неконтролируемым со стороны организации и ее служб. Вместе с тем следует отметить, что организации могут не только приспособливаться к меняющейся среде, но и в определенной мере влиять на нее.

Микроуровень представляет собой интегрированную совокупность организационно-управленческих, финансово-экономических и

производственно-технических факторов, определяющих характер и формы бизнес-процессов внутри организации. В каждой группе факторов одни и те же параметры в зависимости от их значений могут оказывать как положительное, так и отрицательное влияние на состояние экономического потенциала предприятия в период активной инновационной деятельности. Обеспечение сбалансированного развития предприятия является результатом воздействия всех групп факторов, но доля вклада которых может быть различной.

В качестве объекта данного исследования было выбрано инновационно-активное предприятие, основным видом деятельности которого являются научные исследования и разработки в области естественных и технических наук.

Проведенное исследование показало, что применительно к данному предприятию наиболее значимыми факторами макроуровня или среды косвенного окружения являются: политико-правовые, экономические, социальные и технологические факторы.

Поскольку предприятие тесно связано хозяйственными отношениями с государством, политико-правовая составляющая макросреды чрезвычайно важна. Важнейшими политико-правовыми факторами для предприятия являются: степень политической стабильности; антимонопольное законодательство; регулирование занятости населения; налоговая политика и законодательство в этой сфере. Процессы, действующие в сфере экономики, влияют на покупательскую способность потенциальных потребителей и на стоимость активов предприятия.

Существенными экономическими факторами для предприятия являются: курсы обмена валют; уровень жизни населения; покупательная способность; уровень инфляции; доступность получения заемных средств в банках; ВВП и динамика его изменения; риски и просчеты. К значимым социально-культурным факторам относятся: изменения социальной структуры общества; уровень образования в обществе: степень развитости аспектов безопасности; уровень осознания проблем здоровья и безопасности; демографическая структура населения; активность потребителей. К основным технологическим факторам, влияющим на потенциал сбалансированного развития объекта исследований, относятся: динамика технологических изменений; достаточность новых технологий; влия-

ние изменений в технологиях на поведение потребителей; информационные технологии; наличие продуктов-заменителей.

Определить влияние вышеперечисленных технологических факторов внешней среды на предприятие очень сложно, поскольку предприятие занимается НИОКР и поставками продукции малыми партиями, что по экономическим соображениям не позволяет внедрять новые дорогостоящие высокопроизводительные технологии, за исключением модернизации оборудования. Предприятие значительное количество работ производит с использованием аутсорсинга (гальваника, печатные платы, механообработка и т. д.) Информационные технологии оказывают значительное влияние на все аспекты деятельности предприятий. Однако на предприятие, которое имеет небольшую численность и объем производства, с небольшой номенклатурой выполняемых работ, поставляющее малые партии изделий, влияние информационных технологий не столь значительно.

Анализ факторов макросреды позволил определить, что наиболее значимой возможностью для объекта исследования является большая вероятность его включения в число предприятий, входящих в программы федерального и регионального уровней. Это позволит предприятию более активно проводить перевооружение и осуществлять новые НИОКР.

Наиболее серьезными факторами, представляющими угрозу для дальнейшего развития объекта исследования являются следующие:

- сильная власть заказчиков оборонной продукции, которая позволяет им диктовать условия при заключении договоров в части формирования прибыли, выплаты авансов и порядка расчетов за изготовленную продукцию, часто невыгодные для предприятия;

- использование в изготавливаемой аппаратуре комплектующих иностранного производства. В особый период изготовление аппаратуры без иностранных комплектующих будет невозможно, что отразится на обороноспособности страны;

- появление конкурентов как в России, так и за рубежом. Хотя продукция предприятия по некоторым направлениям занимает монопольное положение в России и странах СНГ, однако, конкуренция неуклонно растет;

- высокий уровень инфляции, приводящий к увеличению цен на выпускаемую продукцию;

- растущие требования заказчиков к снижению цен и повышению качества продукции. Одновременное выполнение данных требований проблематично из-за инфляции, высокой зарплаты персонала, постоянным повышением качества продукции, что приводит к увеличению затрат;

- в связи с кризисом уменьшается ВВП, а, значит, и выделяемые средства на оборонную тематику;

- постоянный рост цен на энергоносители, материалы и комплектующие (в год до 10-15 %). Приводит к повышению издержек производства, а, значит, и цен на продукцию;

- отсутствие возможностей оперативно пополнять оборотные средства. Специфика работы предприятия с заказчиками оборонной продукции не позволяет своевременно и в необходимом количестве получать авансы на выполнение работ;

- предприятие выпускает наукоемкую продукцию с большим технологическим циклом изготовления, что требует использования банковского кредита под большие проценты. Это ухудшает и без того сложное финансовое положение предприятия.

Среда непосредственного окружения включает все заинтересованные группы, которые прямо влияют или находятся под непосредственным влиянием основной деятельности предприятия. Это акционеры, поставщики, местные организации, конкуренты, покупатели, кредиторы, профсоюзы, торговые и иные организации. Большое число заинтересованных в деятельности предприятия групп создает сложности в управлении, связанные с тем, что каждая группа использует собственные критерии оценки функционирования предприятия с точки зрения своих интересов. Анализ мезосреды имеет следующие составляющие: общий анализ отрасли, анализ потребителей и анализ конкурентов.

Рассматриваемое предприятие относится к радиоэлектронной отрасли, входные барьеры в которую весьма значительны и определяются опытом, квалификацией персонала, наличием современного оборудования и технологий. Экономические характеристики занимаемого сегмента рынка оказывают большое влияние на процесс функционирования и развития деятельности хозяйствующего субъекта. В таблице 1 показано влияние экономических характеристик рынка на формирование стратегии развития предприятия.

Влияние экономических характеристик рынка на формирование стратегии развития предприятия

Экономическая характеристика	Стратегическое значение характеристик рынка для предприятия
Размер рынка (сегмента)	Незначителен. Это в какой-то мере гарантирует непроникновение на него крупных компаний
Темпы роста рынка (сегмента)	Низкие. Это является сдерживающим фактором для появления новых конкурентов
Производственные мощности	В занимаемом сегменте рынка наблюдается недостаток производственных мощностей, что является стимулом для появления новых конкурентов
Прибыльность рынка	Не высокая. Это является нестимулирующим обстоятельством к появлению конкурентов
Условия входа на рынок	Входной барьер на занимаемый сегмент рынка находится на достаточно высоком уровне, что не стимулирует появление новых конкурентов.
Себестоимость и значимость продукции	Большинство заказчиков на рынке хотя и заинтересованы в снижении цен, но в тоже время, учитывая сложность аппаратуры и ее значимость для обороноспособности страны, относятся с пониманием к достаточно высоким ценам на изготавливаемую продукцию
Стандартизация и унификация продукции	Чем выше стандартизация продукции, тем выше давление со стороны заказчиков по цене и качеству, поскольку легче найти другого поставщика. Однако, учитывая малые поставочные партии, высокую сложность продукции, добиться высокой стандартизации очень сложно, что уменьшает давление со стороны заказчиков.
Быстрые изменения в технологии	Приводят к тому, что оборудование морально устаревает до того, как полностью амортизируется. Быстрых изменений в технологии производства продукции в занимаемом предприятием сегменте не происходит.
Вертикальная интеграция	Предприятие не стремится к введению структуры вертикальной интеграции, выполняя значительные объемы работ сторонними организациями.
Экономия на масштабе	Экономии на масштабе производства предприятию добиться не удастся по причине малых партий изготавливаемой продукции
Количество заказчиков	Количество заказчиков в занимаемом сегменте небольшое, что обязывает предприятие стремиться к максимальному удовлетворению требований заказчиков с упреждением их пожеланий.
Количество конкурентов	Незначительное.

Анализ потребителей призван дать ответ на три группы стратегических вопросов, связанных с сегментацией рынка, мотивацией потребителей и выявлением их неудовлетворенных нужд и потребностей. Заказчиками со стороны силовых структур данного предприятия являются: МО, ФСБ, ФСО. Однако, учитывая, что предприятием осваиваются новые направления деятельности, а также возобновляются работы по гражданской продукции, прогноз развития деятельности предприятия до 2020 года благоприятен.

При анализе конкурентной ситуации рассматриваются следующие факторы: барьеры на вход в отрасль, конкуренты, товары-заменители, поставщики, прибыльность сегмента и ключевые факторы успеха. Главные проблемы при анализе конкурентов связаны с тем, что сложно выявить всех конкурентов предприятия, т.к. они могут появляться непредсказуемо быстро, но могут также быстро и исчезать.

Мониторинг внутренней среды функционирования объекта исследования включает анализ выполнения плана по НИОКР, оказанию услуг и производству продукции, исследование состояния трудовых ресурсов предприятия, маркетинговой деятельности, финансового состояния и финансовых результатов. Проведенное исследование дает возможность оценить уровень научного, производственного, кадрового, инновационно-инвестиционного и финансового потенциала, а также потенциала менеджмента и маркетинга. Наиболее значимыми факторами, характеризующими внутреннюю среду функционирования предприятия, являются уровень развития исследовательской базы, благоприятный инновационный климат, устойчивое финансовое положение, наличие персонала соответствующей квалификации, возможность прогнозирования спроса, значительный объем инвестиций.

Анализ внутренней среды функционирования объекта исследования позволил составить сводную матрицу его сильных сторон (таблица 2).

Слабые стороны внутренней среды объекта исследования представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 2

Сводная матрица сильных сторон внутренней среды инновационно-активного предприятия

Сильные стороны: название	Сильные стороны: содержание
На предприятии имеется хорошая научная база для проведения разработок и хорошо оснащенное производство для изготовления продукции	Возможно создание инновационной и конкурентоспособной продукции и ее ускоренное освоение
Монопольное положение продукции предприятия в России	В России предприятие практически не имеет конкурентов по выпускаемой продукции
Наличие большого опыта проведения полного цикла работ - от научных исследований, разработки и изготовления опытных образцов до поставки в войска и последующего эксплуатационного сопровождения	Позволяет разрабатывать и изготавливать аппаратуру на уровне лучших зарубежных образцов
Средняя заработная плата по предприятию находится на уровне выше средне и по г. Воронежу, и по Воронежской области	Позволяет привлекать опытных, высококвалифицированных специалистов
Надежные отношения с заказчиком продукции	Позволяет быстро решать спорные вопросы в области экономики и техники
Налаженные контакты с администрациями города и области	Позволяет успешно решать социальные, экономические и прочие вопросы жизнедеятельности.
Расширение взаимосвязей с предприятиями концерна в процессе осуществления научной производственной деятельности путем использования материальных и нематериальных активов, кооперации	Позволяет получить значительный синергетический эффект, что способствует росту объемов производства и прибыли.
Наличие высокого научного потенциала, опытного персонала, площадей и оборудования	Дает возможность существенно увеличить объем изготавливаемой продукции

Т а б л и ц а 3

Сводная матрица слабых сторон внутренней среды инновационно-активного предприятия

Слабые стороны: название	Слабые стороны: содержание
100 % объема выпускаемой продукции составляют оборонные заказы	Ограничиваются возможности диверсификации деятельности и создаются сложности для перспективного развития
Предприятие в недостаточной мере готово к диверсификации в сторону гражданской продукции	Не дает предприятию развиваться в полной мере
Значительный износ оборудования	Имеет отрицательные последствия для осуществления инновационной деятельности
Большие запасы неиспользуемых комплектующих (около 2 % годового объема производства)	Приводит к нерациональному использованию оборотных средств и дефициту текущего финансирования
Высокие издержки производства и невысокая рентабельность деятельности, связанные со спецификой выпускаемой продукции	Ограничиваются возможности перспективного развития

Проведенное исследование показало, что результативность сбалансированного развития инновационно-активного хозяйствующего субъекта обуславливается взаимоувязкой основных факторов:

- структурой и потребностями рынка;
- ресурсной базой инновационного развития;
- наличием эффективной системы управления развитием;
- активностью инновационной деятельности.

Сложность в том, что совокупность факторов экономического развития не может быть представлена одним и тем же их набором для различных экономических объектов и систем и даже для одного субъекта на разных этапах его развития. Моделируя взаимоотношения между указанными базовыми компонентами, можно выстроить достаточно эффективную схему управления, которая позволит видеть функционирование системы как изнутри, так и извне, а также предсказывать возможные направления ее сбалансированного развития.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ченцова Е.П., Артеменко В.Б. Анализ потенциала инновационного развития отечественных предприятий // Инновационный Вестник Регион. 2012. №2. С. 20-24.
- 2 Ожегов С.И. Словарь русского языка. М.: Оникс, 2012. 1200 с.
- 3 Хорев А. И., Барщук И.В., Артеменко В.Б. Развитие инновационного потенциала предприятия. Воронеж: ВГТА, 2004. 120 с.
- 4 Полозова А.Н., Горковенко Е.В. Инструментарий управления развитием перерабатывающих организаций. Воронеж: ЦНТИ, 2010. 291 с.
- 5 Персиянов Г.Г., Артеменко В.Б. Сбалансированное развитие экономических систем при освоении инноваций // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2012. № 12. С. 13 – 17.
- 6 Полозова А.Н., Брянцева Л.В., Лохманова И.С. Сбалансированное управление организационным развитием: концепция, инструментарий. Воронеж: Научная книга, 2007. 144 с.
- 7 Артеменко В.Б. Сущностное содержание и особенности сбалансированного развития инновационно-ориентированных экономических систем // Экономика и предпринимательство. 2014. № 1-1 (42-1). С. 179 – 184.
- 8 Артеменко В.Б. Особенности управления развитием инновационно-ориентированных экономических систем // Инновационный Вестник Регион. 2013. №4.2. С. 7-12.
- 9 Хорев А.И., Полозова А.Н., Очнев В.В. Сбалансированное управление изменениями в экономических комплексах. Воронеж: Научная книга, 2007. 160 с.
- 10 Артеменко В.Б., Агафонова М.С. Вопросы адаптации экономических систем к инновациям // Фундаментальные исследования. 2013. № 10-9. С. 1995 – 1999.

REFERENCES

- 1 Chentsova E.P., Artemenko V.B. Analysis of innovation development's potential of domestic enterprises. *Innovatsionnyi Vestnik Region*. [Innovation Herald Region], 2012, no. 2. pp. 20-24. (In Russ.).
- 2 Ozhegov S.I. Slovar' russkogo iazyka [Russian dictionary]. Moscow, Oniks, 2012. 1200 p. (In Russ.).
- 3 Khorev A.I., Barshchuk I.V., Artemenko V.B. Razvitie innovatsionnogo potentsiala predpriiatiia [The development of innovative capacity of enterprises]. Voronezh, VGTA, 2004. 120 p. (In Russ.).
- 4 Polozova A.N., Gorkovenko E.V. Instrumentarii upravleniia razvitiem pererabatyvaiushchikh organizatsii [Management's Instrumentation of development processing organizations]. Voronezh, TsNTI, 2010. 291 p. (In Russ.).
- 5 Persiiianov G.G., Artemenko V.B. Balanced development of economic systems during the development of innovation. *Finansy Ekonomika. Strategii*. [Finance. Economy. Strategy,], 2012. № 12. P. 13 - 17. (In Russ.).
- 6 Polozova A.N., Briantseva L.V., Lokhmanova I.S. Sbalansirovannoe upravlenie organizatsionnym razvitiem: kontsetsiia, instrumentarii [Balanced management of organizational development: concept, tools]. Voronezh, Nauchnaia kniga, 2007. 144 p. (In Russ.).
- 7 Artemenko V.B. Essential content and features of the innovation-oriented economic systems' balanced development. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. [Economics and Business], 2014, no. 1-1 (42-1), pp. 179 - 184. (In Russ.).
- 8 Artemenko V.B. Specificity of development management innovation-oriented economic systems. *Innovatsionnyi Vestnik Region*. [Innovation Herald Region], 2013, no. 4.2, pp. 7-12. (In Russ.).
- 9 Khorev A.I., Polozova A.N., Ochnev V.V. Sbalansirovannoe upravlenie izmeneniiami v ekonomicheskikh kompleksakh [Balanced management of changes in economic complexes], Voronezh, Nauchnaia kniga, 2007. 160 p. (In Russ.).
10. Artemenko V.B., Agafonova M.S. Adaptation of economy system to innovations. *Fundamental'nye issledovaniia*. [Fundamental research], 2013, no. 10-9, pp. 1995 – 1999. (In Russ.).

УДК 316.334

Профессор В.П. Воронин, профессор И.М. Подмолодина,
докторант Е.С. Аксенова, докторант Ю.И. Петренко
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра теории экономики, товароведения и торговли
тел. (473) 255-37-51
E-mail: gnu_iniish@mail.ru

Professor V.P. Voronin, professor I.M. Podmolodina,
doctoral E.S. Aksenov, doctoral Ju.I. Petrenko
(Voronezh state university of engineering technology) Department of theory of economy,
trade and commodity
phone (473) 255-37-51
E-mail: gnu_iniish@mail.ru

Методологические подходы к анализу экономической безопасности рыночной среды

Methodological approaches to the analysis of economic security market environment

Реферат. Рыночная среда является не только важным условием нормального функционирования предприятий и организаций, но и показателем привлекательности для предпринимательства. В этой связи на первое место выходит экономический анализ ее состояния и динамики, определение не только емкости и конъюнктуры рынка, но и ее инновационная, инвестиционная и институциональная составляющие, а также обеспечение экономической безопасности для предприятий и организаций. Обеспечение экономической безопасности для предприятий и организаций связано с выявлением факторов, оказывающих влияние на состояние криминальной и коррупционной составляющих. Глобализация мирохозяйственных связей привела к распространению коррупционности рыночной среды с локальных рынков на глобальные. Все более тесное включение России в мирохозяйственные связи сопровождалось и негативными явлениями подобного характера. Этому способствовало: либерализация общественных отношений; резкое расслоение общества по уровню доходов; неэффективная система перераспределения доходов; слабость и неразвитость гражданских институтов; все меньшая связь уровня доходов с гуманистическими и патриотическими ценностями. В результате порождаются проблемы и угрозы: рыночным институтам, этическим ценностям и справедливости; устойчивому нормальному течению предпринимательской деятельности. Одновременно оно способствует установлению и усложнению связей между коррупцией и экономической преступностью, распространению незаконного приобретения личного состояния. Само предпринимательское сообщество может и должно принимать активное участие в мониторинге и проведении экономического анализа маркетинговой среды деятельности предприятий и организаций, обеспечения ее большей транспарентности и доступности всей информации широкому кругу ее потребителей.

Summary The market environment is not only important for the good functioning of enterprises and organizations, but also an indicator of the attractiveness for business. In this regard, on the first place of its economic analysis of the state and dynamics, not only the definition of capacity and market, but also its innovation, investment and institutional components, as well as economic security for businesses and organizations. Economic security for businesses and organizations associated with the identification of factors affecting the state of criminal and corrupt elements. Globalization of world economic relations led to the spread of corruption market environment from local to global markets. Increasingly close involvement of Russia into the world economy was accompanied by negative phenomena of this nature. This was facilitated by liberalization of public relations; sharp stratification of society in terms of income, inefficient system of income redistribution: the weakness and backwardness of civil institutions, all lower income level communication with the humanistic and patriotic values. As a result, generated problems and threats: market institutions there, ethical values and justice, sustainable normal course of business. Simultaneously, it contributes to the establishment and complication of the linkages between corruption and economic crime, the spread of illicit acquisition of personal wealth. Needless business community can and should take an active part in monitoring and economic analysis of the marketing environment of enterprises and organizations, making it more transparent and accessible information across a wide range of its customers.

Ключевые слова рыночная среда, институциональный подход, экономический анализ, противодействие коррупции, методы исследования.

Keywords: market environment, the institutional approach, economic analysis, anti-corruption, methods of research.

Рыночная среда оказывает существенное влияние на деятельность всех типов предприятий и организаций всех организационно-правовых форм. Но в наибольшей степени она влияет на деятельности малых и средних предприятий, работающих в реальном секторе экономики. Проведение экономического анализа рыночной среды в целом и ее составля-

ющих элементов необходимо для выработки и принятия управленческих решений в области стратегического планирования и определения возможностей продолжения производственно-хозяйственной деятельности организации.

© Воронин В.П., Подмолодина И.М.,
Аксенова Е.С., Петренко Ю.И., 2014

По нашему мнению, без проведения такого анализа весьма сложно дать оценку производственно-хозяйственной деятельности любого предприятия. Именно этот прогноз является одной из целей в процессе проведения ежегодного независимого обязательного или инициативного аудита организации.

В процессе анализа рыночной среды в первую очередь исследуются маркетинговая, инновационная и инвестиционная составляющие. В меньшей степени или вообще не подвергаются экономическому анализу институциональная и криминальная (коррупционная) составляющие. Это происходит, возможно, потому, что две последние составляющие сложно оценивать с позиции количественной характеристики – стоимостные и физические объемы, структурные изменения, динамика, темпы роста. Особенностью институциональной и коррупционной составляющих является их взаимосвязь и взаимозависимость, которые способствуют формированию и развитию коррупционной составляющей и препятствуют совершенствованию институциональной среды.

Методологической основой этого явления выступает недостаточная разработанность теоретических основ функционирования рыночной экономики, деятельности ее экономических агентов – юридических и физических лиц, сущность ее центрального механизма – «невидимой руки рынка» (по А. Смит).

Рыночная экономика, базирующаяся на частной собственности экономических агентов – хозяйствующих субъектов, методологической основой имеет абсолютизацию индивидуализма. То есть в основе рыночной экономики лежит методологический индивидуализм. С позиции неоклассической экономической теории только индивидуализм обеспечивает предпринимателю возможность оперативной выработки и принятия рационального решения. В то же время сторонники институциональной экономической теории указывают на негативные последствия, объективно присущие индивидуализму и постоянно проявляющиеся в деятельности индивидуальных хозяйствующих субъектов: эгоизм, оппортунистическое поведение, коварство. В основе абсолютной рациональности их решений лежит личная выгода, а не интересы общества в целом. Оно и определяет методологическую основу криминальной (коррупционной) составляющей, ее субъективно-объективный характер и пренебрежение моральными ценностями.

Институциональные формы, формальные и неформальные нормы и правила, государственные и общественные институты ограничивают возможности проявления этих ка-

честв, но не в состоянии их полностью исключить из хозяйственной жизни общества. Стимуляторами же этих негативных качеств индивидуумов выступают:

- либерализация общественных отношений и расширение личных свобод (по принципу, что не запрещено – то разрешено);

- резкое расслоение общества по уровню доходов, которое зашкаливает все допустимые уровни в экономически развитых странах;

- неэффективная система перераспределения доходов на основе трансфертов и дифференциального обложения налогами всей совокупности личных доходов граждан;

- все меньшая связь уровня доходов с гуманистическими и патристическими ценностями, которые существуют в обществе;

- слабость и неразвитость гражданских институтов общества, которые продвигают, прежде всего, гуманистические идеалы;

- глобализация экономических процессов и все более тесное вхождение России в мировое экономическое пространство, сопровождающееся слабо контролируемым вывозом капитала, товаров и услуг.

Современный этап развития мировой экономики характеризуется ускорением процесса перехода к постиндустриальному обществу. Это проявляется в снижении показателей удельного веса промышленности в создании мирового ВВП, изменениях в структуре занятости населения, быстром развитии сферы услуг [1]. Ускоряется, усложняется и разнообразится мобильность финансовых ресурсов, что также способствует распространению коррупции.

Проблемы коррупционности не являются свойственными исключительно развивающимся странам или странам, в которых произошла смена общественно-экономического строя. Они захватывают в свои сети абсолютное большинство стран. Тем самым коррупция в настоящее время представляет собой не локальную проблему, а трансформировалась в транснациональное явление, которое затрагивает общество и экономику всех стран, что обуславливает исключительно большое значение международного сотрудничества в области предупреждения коррупции и борьбы с ней участниц Организации объединенных наций (ООН) [2]. Проблемы коррупционности как угрозы нормальному процессу предпринимательской деятельности являются предметом обсуждения мировым сообществом и выработки коллективных решений:

- Организация американских государств 29 марта 1996 года приняла Межамериканскую конвенцию о борьбе с коррупцией;

- Совет Европейского Союза 26 мая 1997 года принял Конвенцию о борьбе с коррупцией, затрагивающей должностных лиц Европейских сообществ или должностных лиц государств-членов Европейского Союза;

- Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) 21 ноября 1997 года приняла Конвенцию о борьбе с подкупом иностранных должностных лиц в международных коммерческих сделках;

- Комитет министров Совета Европы 27 января 1999 года принял Конвенцию об уголовной ответственности за коррупцию и 4 ноября 1999 года Конвенцию о гражданско-правовой ответственности за коррупцию;

- главами государств и правительств Африканского союза 12 июля 2003 года была принята Конвенция Африканского союза о предупреждении коррупции и борьбе с ней;

- вступила в силу 29 сентября 2003 года Конвенция Организации Объединенных Наций против транснациональной организованной преступности;

- Организация Объединенных Наций 31 октября 2003 года приняла Конвенцию Организации Объединенных Наций против коррупции.

В рамках ООН сформированы и действуют Комиссия по предупреждению преступности и уголовному правосудию, а также Управление по наркотикам и преступности в области предупреждения коррупции и борьбы с ней.

В порядке реализации рекомендаций ООН Россия в 2001 г. приняла Федеральный закон от 7 августа 2001 г. N 115-ФЗ «О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма» [7].

Таким образом, международное сообщество сформировало систему международных институтов, направленных на предупреждение коррупции, порождающей:

- проблемы и угрозы для стабильности и безопасности общества, что подрывает рыночные и демократические институты, этические ценности и справедливость, ответственности и равенства перед законом;

- наносит ущерб устойчивому нормальному течению предпринимательской деятельности и развитию экономики стран и правопорядку;

- установление и усложнение связей между коррупцией и экономической преступностью, включая отмывание денежных средств, международные переводы незаконно приобретенных активов;

- незаконное приобретение личного состояния, которое может нанести серьезный ущерб

демократическим и рыночным институтам, национальной экономике и правопорядку [2].

Случаи коррупции, связанные с большими объемами активов, могут составлять значительную долю ресурсов государств и ставить под угрозу политическую стабильность и устойчивое развитие этих государств. Поэтому так важен всеобъемлющий и многодисциплинарный подход в целях борьбы с коррупцией, а самое главное – ее эффективное предупреждение. Опыт России показывает, что именно ее предупреждение имеет самое большое значение для развития предпринимательства, особенно малого и среднего, у которого запас финансовой прочности весьма хрупок. Для малого и среднего бизнеса уже не играет роли, что высшие чиновники – министры и их заместители, губернаторы, банкиры привлекаются к ответственности за коррупционные дела: финансовые ресурсы были уже из оборота изъяты и переведены за границу. Представителям малого и среднего бизнеса, добросовестно уплачивающим налоги, важно вернуть свои средства, свои активы для своевременной выплаты заработной платы наемным работникам, своевременной и полной уплаты налогов и просто для продолжения своей предпринимательской деятельности.

Для них важно не какое наказание получит высокопоставленный или рядовой (например, директор предприятия) коррупционер, а скорейшее получение своих денег в банке, у которого Центробанк внезапно отозвал лицензию. Так случилось, например, с известными московскими банками Мостбанк и Инвестбанк, у которых были отозваны лицензии накануне нового 2014 года. Согласно российского законодательства предприниматели обязаны хранить денежные средства в банках, определенными гарантами надежности деятельности которых выступает Цетробанк России: выдает лицензии на банковскую деятельность, осуществляет мониторинг их деятельности, периодические проверки на местах, рассылает предупреждения. В случае грубых нарушений – отзывает лицензию. Но страдает не руководитель банка, который «своевременно» увел из банка активы, а ни в чем не повинные добросовестные клиенты банка - предприниматели.

Таким образом, существующий банковский маркетинговый мониторинг рыночной среды предпринимательства оказывается а) недостаточно эффективным и б) не имеет четкого целевого направления на достижение конечной цели – обеспечения продолжения деятельности предприятий и организаций. То есть ставится под угрозу экономическая безопас-

ность предприятий и организаций и возможность их дальнейшего продолжения предпринимательской деятельности. Ведь основу экономической безопасности предприятия составляет обеспеченность его необходимыми средствами, их рациональным размещением и эффективным использованием, финансовыми взаимоотношениями с другими юридическими и физическими лицами, платежеспособностью и финансовой устойчивостью [3].

В этой связи мы считаем, что государство не должно оправдываться перед предпринимателями, что его компетентные органы давно следили за преступной деятельностью банка, но никаких мер по какой-то причине не предпринимали, и наконец-то решили одним махом разрубить коррупционный узел и наказать виновных. Но невольными виновными оказываются предприниматели, поддерживающие и придерживающиеся законов российского государства, выполняющие перед ним все свои обязательства в полном объеме и в установленный срок. С точки зрения рыночной экономики каждый экономический агент, а государство является крупнейшим таким экономическим агентом, должно отвечать перед добросовестными предпринимателями за свою бездеятельность или неэффективную деятельность. То есть в этом случае государство обязано полностью компенсировать предпринимателям их денежные средства, размещенные на расчетных счетах таких банков.

Компенсацию денежных средств, размещенных на счетах на территории России можно осуществлять через уполномоченные банки, находящиеся под контролем государства, например, ОАО Сбербанк, ОАО ВТБ. В этом и будет заключаться рыночная свобода поведения предпринимателей в соответствии с неоклассической экономической теорией, а роль государства сводится к ответственности за деятельность своих структур перед предпринимателями.

Дополнительным обоснованием для реализации такого подхода служит не только Гражданский кодекс РФ, но и анализ практики взаимоотношений государства с подконтрольными ему банками. После финансового кризиса 2008-2009 г.г. банк ОАО ВТБ вслед за ОАО Сбербанк осуществил дополнительную эмиссию акций и разместил их среди мониторинговых акционеров и других физических лиц по фиксированной справедливой рыночной цене, т.е. цене, по которой покупатель согласился ее купить, а банк - продать (в соответствии с Налоговым кодексом РФ). Однако спустя некоторое время оказалось, что банковский мо-

ниторинг конъюнктуры внешней предпринимательской среды оказался недостоверным, а расчеты прогноза – ошибочными. Ожидания банка и акционеров не оправдались, курс акций резко упал и акционеры банка не получили ожидаемой прибыли от вложения своих денежных средств в операции банка. То есть предпринимательская деятельность, которая осуществляется экономическими агентами – акционерами банка на свой страх и риск, по собственной инициативе и без какого-либо принуждения, не принесла желаемых дивидендов. Это вполне нормальное явление для рыночной экономики, в основе которой лежит спекулятивный подход, каким является ростовщичество. В связи с возникшей политической ситуацией ОАО ВТБ принял решение все размещенные акции дополнительной эмиссии выкупать у населения по цене выше рыночной, но только у одной категории акционеров. Хотя, строго говоря, банк вообще-то ни в чем не был виноват: его предложение акций осуществлялось в форме открытой оферты, вся необходимая информация была опубликована в проспекте дополнительной эмиссии акций. Нарушение российского законодательства было в том, что это осуществлялось избирательно и за счет интересов других акционеров.

Так что российское государство имеет опыт защиты экономических интересов отдельных категорий населения. Действующими правилами ВТО допускается защита интересов всей совокупности предпринимателей, без выделения их на индивидуальной основе. Такую совокупность пострадавших предпринимателей представляют предприятия и организации, имеющие реальные денежные средства на расчетных счетах отечественных банков, у которых отозвана лицензия.

Таким образом, неразработанность адекватных рыночной экономике институтов вносит свой определенный вклад в коррупционные процессы и их расползание вследствие неспособности оперативно и эффективно их пресекать: вполне демократичный принцип восстановления справедливости исключительно на основе судебных решений оборачивается безнаказанностью за нарушение прав собственности хозяйствующих субъектов и государства. Для предупреждения коррупции важен систематический мониторинг маркетинговой среды предпринимательства, включая мониторинговый анализ как информационную основу социально-экономического управления предприятием [4]. Но при этом необходимо обеспечить мониторинговую прозрачность получаемой информации, прежде всего, для самих

предпринимателей. Весьма важным одновременно является оценка предпринимательского риска в условиях неопределённости деловой среды [5]. Нами была осуществлена разработка аналитического инструментария мониторинга кредитных рисков корпоративного заемщика коммерческого банка, которая отражает один из возможных подходов координации интересов банков и предпринимателей [6].

При этом важно вовлечение в процесс противодействия коррупции и обеспечение прозрачной и достоверной маркетинговой среды самих предпринимательских структур в форме саморегулируемых организаций и союзов, торгово-промышленных палат и т.д. Содействие активному участию отдельных лиц и

групп за пределами публичного сектора, таких как гражданское общество, неправительственные организации и организации, функционирующие на базе профессиональных объединений, должно получить и государственную поддержку. На это направлена программа «Противодействие коррупции в ходе аудиторской деятельности», утвержденная Минфином России в 2009г. [8]. То есть и само предпринимательское сообщество может и должно принимать активное участие в мониторинге и проведении экономического анализа маркетинговой среды деятельности предприятий и организаций, обеспечения ее большей транспарентности и доступности всей информации широкому кругу ее потребителей.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Подмолодина И.М. Характеристика изменений и факторы развития мировой промышленности //ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2010. № 9. С. 55-58.
- 2 Конвенция Организации Объединенных Наций против коррупции, 31 октября 2003 года.
- 3 Подмолодина И.М., Воронин В.П., Конавалова Е.М. Подходы к оценке экономической безопасности предприятия // Вестник ВГУИТ. 2012. № 4. С. 156-161.
- 4 Хорев А.И., Воронин В.П., Овчинникова Т.И., Гоз О.М. Мониторинговый анализ как информационная основа социально-экономического управления предприятием (на примере Воронежской области) // Менеджмент в России и за рубежом. 2002. № 3.
- 5 Ревенко Н.Ф., Беркутова Т.А. Опыт оценки предпринимательского риска в условиях неопределённости деловой среды // Вестник ИжГТУ. 2012. №2(54). С. 52-56.
- 6 Воронин В.П., Кондратьев Р.Ю. Разработка аналитического инструментария мониторинга кредитных рисков корпоративного заемщика коммерческого банка // Экономика и предпринимательство. 2013. № 6. Вып. 3. С. 478-481.
- 7 Федеральный закон от 7 августа 2001 г. N 115-ФЗ "О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма"
- 8 Противодействие коррупции в ходе аудиторской деятельности. Приказ Минфина России от 10 марта 2009 г. № 21н

REFERENCES

- 1 Podmolodina I.M. Characteristic changes and factors of the global industries. *Finansy. Ekonomika. Strategii*. [Finance. Economy. Strategy], 2010, no. 9, pp. 55-58. (In Russ.).
- 2 Konventsii Organizatsii Ob'edinennykh Natsyi protiv korupsii [The United Nations Convention against Corruption, 31 October 2003]. (In Russ.).
- 3 Podmolodina I.M., Voronin V.P., Konovalova E.M. Approaches to assessing the economic security. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 4, pp. 156-161. (In Russ.).
- 4 Khorev A.I., Voronin V.P. Ovchinnikova T.I., Goz O.M. Monitoring analysis as an information basis of socio-economic enterprise management (Voronezh region). *Menedzhment v Rossi i za rubezhom*. [Management in Russia and abroad], 2002, no. 3. (In Russ.).
- 5 Revenko N.F., Berkutova T.A. Experience in assessing business risk in the face of uncertainty of the business environment. *Vestnik IzhGTU*. [Bulletin of IzHSTU], 2012, no. 2 (54), pp. 52-56. (In Russ.).
- 6 Voronin V.P., Kondrat'ev R.Iu. Developing analytical tools for monitoring the credit risk of commercial bank corporate borrower. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. [Economy and Entrepreneurship], 2013, no. 6, Issue 3, pp. 478-481. (In Russ.).
- 7 Federal'nyi zakon ot 7 avgusta 2001g. N 115-FZ "O protivodeistvii legalizatsii (otmyvaniu) dokhodov, poluchennykh prestupnym puten, i finansirovaniu terrorizma" [Federal Law of August 7, 2001 N 115-FZ "On Combating Legalization (Laundering) of Proceeds from Crime ethyl and the Financing of Terrorism"]. (In Russ.).
- 8 Protivodeistvie korruptsii v khode auditorskoj deiatel'nosti. Prikaz Minfina Rossii ot 10 marta 2009 g. № 21n [Combating corruption in the course of auditing. Order of the Ministry of Finance of Russia from 10 March 2009 number 21n]. (In Russ.).

УДК 338.439.053:664.66.022.39

Профессор И.П. Богомолова, аспирант Е.А. Белимова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления, организации производства и
отраслевой экономики. тел. (473) 255-27-10
E-mail: e.a.belimova@gmail.com

Professor I.P. Bogomolova, graduate E.A. Belimova
(Voronezh state university of engineering technology) Department of management, produc-
tion organization and industrial economy. phone (473) 255-27-10
Email: e.a.belimova@gmail.com

Направления и механизмы государственного регулирования производства функциональных хлебопродуктов

Directions and mechanisms of state regulation of the production of functional bakery products

Реферат. В статье определены основные социально-экономические проблемы, связанные с дефицитом микронутриентов в питании населения и возможности их решения путем производства продуктов функционального назначения, обобщен опыт зарубежных стран, а также рассмотрены возможные механизмы государственного регулирования и поддержки предприятий хлебопекарной промышленности в социально-значимых программах. Стремительные темпы развития экономики большинства стран мира привели к негативным социальным последствиям, основным из которых является нарушение структуры питания населения в целом, дефицит в потреблении витаминов и микроэлементов, нарушение ритма и режима питания, употребление в пищу опасных и вредных продуктов. Выходом из сложившейся ситуации является создание и распространение пищевых продуктов функционального назначения, в том числе и хлебопекарной продукции. В настоящее время производство продуктов функционального питания - одно из наиболее динамично развивающихся направлений деятельности субъектов пищевой индустрии. У предприятий нашего региона существует большой потенциал развития данного сегмента. Со стороны государства в качестве поддержки данного направления реализуются целевые программы, направленные на развитие хлебопекарной промышленности по выпуску обогащенных хлебобулочных изделий. В статье представлены принципы, которые могут способствовать эффективному взаимодействию государства с субъектами хлебопекарного бизнеса, необходимые для преодоления отставания в развитии социально-значимых секторов экономики России от зарубежных аналогов, такие как развитие конкуренции и создание комфортных условий для реализации предпринимательских инициатив; повышение инвестиционной привлекательности, социально-экономической эффективности производства и реализации хлеба и хлебобулочных изделий в регионах; снижение административных барьеров с целью ускоренного развития рынка хлеба и хлебобулочных изделий функционального и специализированного назначения. Продукция хлебопечения нуждается в грамотном позиционировании, ведь с развитием рынка меняются и предпочтения потребителей, а удовлетворение потребностей - одна из возможностей выделиться среди конкурентов. Результатом развития функционального и специализированного хлебопечения в регионе выступит не только улучшение качества жизни населения, но и увеличение доходов хлебопекарных предприятий, повышение их конкурентоспособности и инновационное развитие.

Summary. In the article the basic socio-economic problems associated with micronutrient deficiency in the diet of the population and their possible solutions through production of a functional purpose, summed up the experience of foreign countries, as well as the possible mechanisms of state regulation and support enterprises of the baking industry in socially significant programs. The rapid pace of development of the economies of most countries of the world have led to negative social consequences, the main one of which is a violation of the power structure in the general population, lack of nutritional vitamins and trace elements, jetlag and diet, eating dangerous and harmful products. Way out of this situation is the creation and distribution of food functionality, including the baking of products. Currently, the production of functional food - one of the fastest growing areas of activity of subjects of the food industry. In enterprises of our region there is a great potential for the development of this segment. By the State in support of this direction are implemented targeted programs aimed at the development of the baking industry for the production of enriched bakery products. The paper presents the principles that can contribute to the effective interaction with state actors bakery business needed to overcome the lag in the development of socially significant sectors of the Russian economy from foreign counterparts, such as the development of competition and the creation of favorable conditions for the realization of entrepreneurial initiatives; increasing the investment attractiveness, social and economic efficiency of production and sale of bread and bakery in the Delhi - regions; reducing administrative barriers to accelerate the development of the market of bread and bakery products functional and specialized purpose. Bakery products needs competent positioning, because the development of the market and changing consumer preferences and satisfaction of needs - one of the ways to stand out among competitors. Result of the development of functional and specialized bakery in the region will be not only improve the quality of life of the population, but also increase the income of baking enterprises, increase their competitiveness and innovative development.

Ключевые слова: функциональные продукты, государственное регулирование, хлебопекарная промышленность.

Keywords: functional products, government regulation, baking industry.

В настоящее время в нашей стране остро стоит проблема дефицита микронутриентов в питании населения. В связи с этим пристальное внимание, в том числе и Министерства здравоохранения, обращено на развитие производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения.

По данным Единой межведомственной информационно-статистической системы число заболеваний, связанных с микронутриентной недостаточностью (витаминов С, В, фолиевой кислоты, минеральных веществ и микроэлементов), выросло с 2 255 753 в 2005 году до 2 599 860 в 2011 году. Более 50 % субъектов Российской Федерации являются йоддефицитными, более 60 % населения проживает в регионах с природно-обусловленным дефицитом этого микроэлемента.

Положение усугубляется несбалансированностью рациона питания населения, уменьшением потребления мяса и мясопродуктов, а также овощей и фруктов и ряда других продуктов, являющихся источниками витаминов С и группы В, которые в значительной степени влияют на усвояемость и метаболизм железа.

Результаты социально-гигиенического мониторинга 2012 года в части сбалансированности и полноценности питания показали, что в 24 субъектах Российской Федерации отклонение от рекомендуемых норм превышает 25 %. Потребление населением Российской Федерации молока и молочных продуктов в дневном рационе в целом по стране составило 20,5 %, что ниже рекомендуемых норм потребления этой продукции. Свыше 21 % населения недостаточно использует для питания рыбу и рыбопродукты. Около 99 % населения в той или иной степени испытывают дефицит белка, в рационе большинства людей отмечается избыток жиров.

Основами государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года предусмотрено увеличение доли производства продуктов массового потребления, обогащенных витаминами и минеральными веществами, включая массовые сорта хлебобулочных изделий, а также молочные продукты – до 40-50 % общего объема производства.

Вместе с тем, в настоящее время состояние, связанное с производством обогащенной продукции, остается неудовлетворительной, в результате чего не может быть решена проблема микронутриентной недостаточности, существенно ухудшающая состояние здоровья детского и взрослого населения страны.

Стремительные темпы развития науки и техники в XX столетии, способствуя развитию экономики большинства стран мира, привели к негативным социальным последствиям, основным из которых является неправильная стратегия питания, многочисленные ошибки в питании, приведшие к нарушению структуры питания населения в целом, дефициту в потреблении витаминов, микроэлементов, белка, избытку в питании простых углеводов, жиров, недостатку пищевых волокон, нарушению ритма и режима питания, употреблению в пищу опасных и вредных продуктов, ошибкам в кулинарной обработке и заготовке пищевых продуктов, избытку в питании загрязнителей и токсических веществ.

Накопленный отечественный и международный опыт свидетельствует о том, что для проведения коррекции структуры питания населения необходимо объединить усилия медиков, технологов пищевых производств и экономистов с целью создания и распространения пищевых продуктов функционального назначения. Этот термин признан во всем мире и означает обогащенные биологически активными веществами натуральные пищевые продукты, обладающие при ежедневном потреблении в традиционных количествах помимо общей пищевой ценности способностью специфично поддерживать и регулировать конкретные физиологические функции и тем самым снижать риск возникновения или развития заболеваний.

Исследования показали, что термин «функциональные пищевые продукты» введен в Японии в 1984 г. Уже через три года в этой стране производилось около 100 функциональных пищевых продуктов, и поскольку эффективность этого направления стала очевидной, была разработана государственная концепция и порядок сертификации такой продукции. Государство гарантирует ее качество (оздоровительное влияние) и предоставляет налоговые льготы для производителей. В отличие от Японии, в США и Европе законодательная база для производства функциональных пищевых продуктов окончательно не сформирована, однако существуют несколько инициативных программ по разработке и реализации пищевых продуктов оздоровительного характера.

В Великобритании, Германии, США и других странах производят здоровые сорта хлебобулочных изделий, в рецептуру которых входят пшеничные, ржаные или овсяные отруби, цельное несмолотое зерно, овсяная и ячменная мука, овощные и фруктовые добавки и другие компоненты. В США за последние годы доля здорового хлеба увеличилась в общем

объеме производства с 18 до 34 %, в Великобритании – на 68 %, в Германии – в 2 раза.

В Чехии современными тенденциями в хлебопекарной являются: увеличение производства хлеба из ржаной муки и цельного зерна; расширение ассортимента за счет появления национальных региональных сортов (сорта разных стран и регионов мира), функциональных/диетических хлебов – хлебов обогащенных различными полезными ингредиентами; появление изделий с оригинальными формами и различного веса; использование новых технологий в процессе производства. Все больше производителей предлагают потребителям такой вид хлеба, как «Bio» – хлеб на основе сырья, выращенного без использования пестицидов, синтетических удобрений, ионизирующего излучения и достижений генной инженерии.

В Финляндии в хлеб добавляют проросшее ржаное зерно: само зерно или хлопья на его основе. В проростках ржи количество витаминов группы В возрастает в 5-10 раз. Проростки нормализуют пищеварение и обменные процессы, выводят шлаки из организма, являются хорошей профилактикой дисбактериоза и диатеза, заболеваний почек и мочевого пузыря и даже туберкулеза.

Новые сорта хлеба, вырабатываемые за рубежом, а также производимые в России диетические хлебобулочные изделия следует отнести к продуктам, предназначенным для функционального питания, так как их потребление позволяет целенаправленно регулировать определенные функции организма (кровенное давление, содержание железа или холестерина в крови, фосфорно-кальциевый обмен). В настоящее время производство продуктов функционального питания – одна из наиболее динамично развивающихся отраслей пищевой индустрии в странах, культивирующих здоровый образ жизни, например в Японии.

Создание и реализация функциональных пищевых продуктов, обогащенных микронутриентами, является задачей сложной и весьма ответственной.

Для обогащения наиболее часто используются четыре вида пищевых продуктов: хлеб, соль, молочные продукты и напитки. Учитывая, что не менее 75 % населения ежедневно потребляют хлебобулочные изделия в количестве около 300 г в сутки, можно считать весьма удачным выбор именно хлеба в качестве объекта обогащения. Население, следуя привыкам в течение минувшего столетия приоритетам в отношении рафинированных продуктов, предпочитает хлеб из наиболее бедной

муки пшеничной высшего сорта, а значит, именно эта группа хлебобулочных изделий, прежде всего, нуждается в обогащении.

Что касается Российской Федерации, только 14 % предприятий выпускает обогащенные пищевые продукты, по объему производства – 5 %, в том числе по хлебу и хлебобулочным изделиям – 6,4%, по молоку и молочным продуктам – 3,1 %, по напиткам – 8,1 %.

К концу 2010 года в нашей стране выпуск обогащенных витаминами и минеральными веществами хлебобулочных изделий составил около 2 % от общего объема производства. Отмечается существенное снижение объемов производства хлебобулочных изделий, обогащенных йодом (рисунок 1).

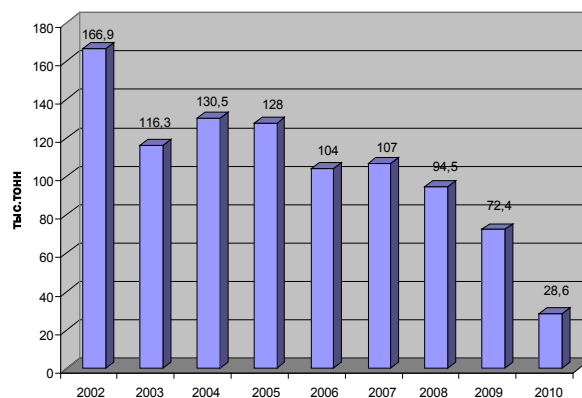


Рисунок 1. Объем производства хлебобулочных изделий, обогащенных йодом в Российской Федерации

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25.10.2010 N 1873-р органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации рекомендовано при формировании и осуществлении региональных программ социально-экономического развития учитывать положения Основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года.

За последние годы количество региональных и муниципальных программ, направленных на решение вопросов здорового питания, в том числе, направленных на ликвидацию дефицита микронутриентной недостаточности, выросло с 316 в 2008 году до 395 в 2012 году. Однако данные программы имеются только в 50 субъектах Российской Федерации.

Также не уделяется должного внимания проведению информационно-разъяснительной работы среди населения о необходимости употребления в пищу продуктов питания, обогащенных микронутриентами, функционального и специализированного назначения.

В сложившихся условиях обогащение хлеба и хлебобулочных изделий и других продуктов массового потребления микронутриентами, выпуск продукции специализированного, функционального и диетического назначения позволяет восполнить микроэлементную недостаточность максимального количества населения страны.

В рамках исполнения указанных нормативных правовых документов во многих регионах нашей страны, в том числе Воронежской области, реализуются целевые программы, направленные на развитие хлебопекарной промышленности по выпуску обогащенных хлебобулочных изделий, такие как "Хлеб - это здоровье", "Социальный хлеб", "Об обеспечении населения хлебобулочными изделиями, обогащенными микронутриентами".

В настоящее время по инициативе Российской гильдии пекарей и кондитеров при участии Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, Федерального государственного бюджетного учреждения "Научно-исследовательский институт питания", Российской академии медицинских наук разработана Концепция обеспечения санитарно-эпидемиологического благополучия населения путем развития функционального и специализированного хлебопечения в Российской Федерации до 2020 года (Хлеб - это здоровье).

Задача Концепции - определение путей и способов обеспечения населения страны хлебом и хлебобулочными изделиями функционального и специализированного назначения с целью сохранения и укрепления здоровья населения, профилактики заболеваний, обусловленных неполноценным и несбалансированным питанием в комплексе решения приоритетных задач государственной политики в области здорового питания.

Среди приоритетных мероприятий Концепции - внедрение новых технологий в отрасли хлебопекарной промышленности, позволяющих значительно расширить ассортимент и увеличить производство хлебобулочных изделий нового поколения с заданными качественными характеристиками, в том числе функциональных и специализированных, содействии улучшению здоровья и качества жизни населения путем увеличения потребления указанной продукции.

Основные направления в решении этих задач представлены на схеме (рисунок 2).

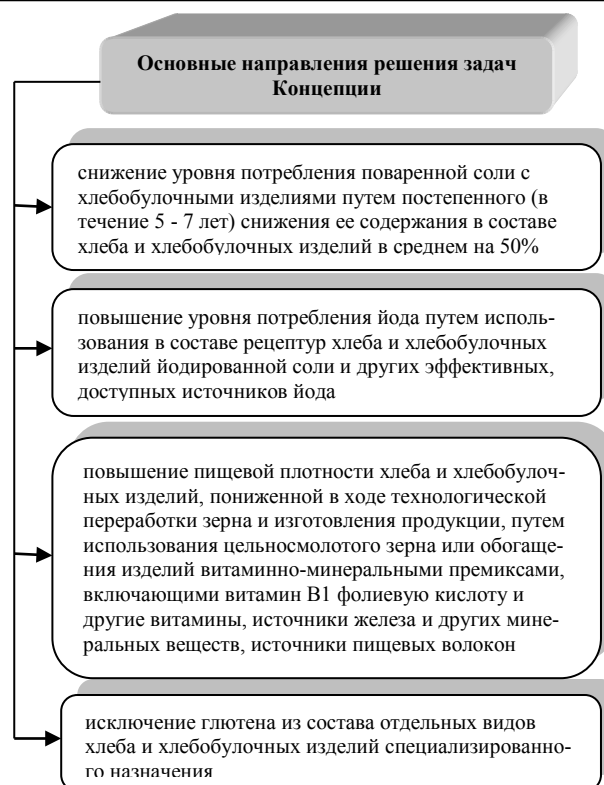


Рисунок 2. Основные направления Концепции «Хлеб – это здоровье»

Хлеб и хлебопродукты являются основными источниками энергии, белка и углеводов в питании населения России, обеспечивающими соответственно 36,6 %, 40 % и 53 % суточного их поступления. По частоте потребления они находятся на первом месте у всех групп населения. Однако технологическая переработка зерновых культур, в том числе пшеницы и ржи, на муку сопровождается существенными потерями микронутриентов - витаминов и минеральных веществ, удаляемых вместе с оболочкой зерна.

Значительные изменения произошли и в структуре ассортимента хлеба, вырабатываемого промышленным способом, в сторону увеличения доли хлебобулочных изделий из муки высших сортов.

Анализ объемов производства и потребления хлеба, изменений структуры ассортимента вырабатываемых изделий, их пищевой ценности свидетельствует об уменьшении поступления микронутриентов (витаминов и минеральных веществ) с одним из массовых продуктов питания, каковым является хлеб и хлебобулочные изделия, вследствие чего этот продукт утрачивает свою роль основного источника витаминов группы В и ряда минеральных веществ (кальция, железа, йода) в питании населения России.

Все это подчеркивает необходимость направленного регулирования химического состава хлебобулочных изделий с целью получения продукта с более высоким содержа-

нием микронутриентов и с более сбалансированным их соотношением.

Целесообразность обогащения хлеба витаминами подчеркивается также тем обстоятельством, что хлеб в России остается продуктом наиболее массового потребления, особенно у недостаточно высоко обеспеченных слоев населения. Практически 75 % мужского и женского населения ежедневно потребляют хлебобулочные изделия из пшеничной муки высшего и первого сортов промышленной выпечки. К этому следует еще добавить и домашнюю выпечку различных булочек и пирожков из пшеничной муки высшего сорта.

Благодаря этому использование хлебобулочных изделий в качестве носителя, дополнительно обогащенного недостающими микронутриентами, позволит донести их до самых широких групп населения, в том числе наиболее нуждающихся в улучшении их пищевого статуса и здоровья.

По данным федерального бюджетного учреждения "Эндокринологический научный центр" Министерства здравоохранения Российской Федерации, в настоящее время на всей территории Российской Федерации сохраняется йодный дефицит легкой и средней тяжести. Одним из наиболее эффективных способов ликвидации йододефицитных состояний является использование йодсодержащих добавок, прежде всего йодированной поваренной соли, в производстве продуктов массового потребления, в том числе хлебобулочных изделий.

Улучшение обеспеченности детского и взрослого населения витаминами и минеральными веществами является одной из важнейших задач современного здравоохранения.

В России накоплен положительный опыт обогащения пищевых продуктов, в том числе и хлебобулочных изделий, витаминами, макро- и микроэлементами с целью улучшения пищевого статуса населения (предотвращения возникновения или исправления имеющегося в организме человека дефицита).

Пищевой рацион современного человека меняется с улучшением качества жизни, он объективно становится более разнообразным, а забота о здоровом питании остается основополагающим фактором, который будет влиять на развитие ассортимента и увеличение объемов производства хлебобулочных изделий, обогащенных микронутриентами, прежде всего витаминами группы В, железом, йодом, кальцием.

Всего 13 % предприятий хлебопекарного сектора осуществляют выпуск продукции функционального и специализированного назначения. При этом хлеб и хлебобулочные изделия лечебно-профилактического назначения выпускаются только в некоторых регионах России (в Воронежской области в том числе).

Наибольший удельный вес предприятий, производящих обогащенные хлеб и хлебобулочные изделия, отмечен в Амурской (85,2 %), Курской (49,0 %), Тульской области (41,9 %), Ростовской (37,0 %), Кировской (35,0 %), Тюменской (27,2 %), Тамбовской (25,0 %), Воронежской (24,0 %) и Челябинской (23,4 %) областях. По состоянию с 1.01.2012 по 1.09.2012 года объем производства хлеба и хлебобулочных изделий, обогащенных микронутриентами, составил более 500 тыс. тонн, а лечебно-профилактического назначения – около 200 тыс. тонн.

Примеры хлебобулочных изделий лечебного направления, производимые предприятиями г. Воронежа, представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Примеры нетрадиционных видов хлебобулочных изделий

Наименование предприятия	Наименование продукции
ОАО «Хлебозавод №1»	1. Хлеб пшеничный простой йодированный (пшеничная 1 сорт) 2. Хлеб пшеничный улучшенный йодированный подовый (пшеничная высший сорт)
ОАО «Хлебозавод №2»	1. Хлеб молочно-отрубный (пшеничная высший сорт + отруби) 2. Хлеб ржаной диабетический (ржаная обдирная + отруби) 3. Хлеб с отрубями (ржаная обдирная + пшеничная 1 сорт) 4. Хлебцы докторские (пшеничная высший сорт + отруби) 5. Хлеб «Богатырь» (ржаная обдирная + пшеничная 2 сорт)
ОАО «Тобус»	1. Хлеб ржаной с отрубями (ржаная обдирная + отруби) 2. Хлеб ржано-пшеничный йодированный (ржаная обдирная, пшеничная. 1 сорт)
ОАО «Хлебозавод №5»	1. Хлебобулочные изделия «Фитнес»
ОАО «Хлебозавод №7»	1. Хлеб пшеничный йодированный простой (пшеничная 1 сорт) 2. Хлеб новый с зерновыми добавками (пшеничная 1 сорт, солод, изюм, семя подсолнечника) 3. Хлеб новый с травами (пшеничная 1 сорт, укроп, чеснок)

Политику, направленную на расширение ассортимента, можно рассматривать как один из возможных путей повышения конкурентоспособности и увеличения спроса на выпускаемую продукцию. Новой продукцией могут быть хлебобулочные изделия с добавлением

дробленого зерна и отрубей, бессолевые хлебобулочные изделия, хлеб с пониженной кислотностью, с пониженным содержанием белка и углеводов, с добавлением лецитина, с повышенным содержанием йода.

Все эти разновидности хлебобулочных изделий призваны не только разнообразить вкусовые качества, но и также поддержать и укрепить здоровье разных групп населения.

Таким образом, существует большой потенциал развития приоритетного сегмента хлебопечения - производство функциональных и специализированных сортов. Рынок хлеба и хлебобулочной продукции находится на стадии активного роста.

Продукция пекарей нуждается в грамотном позиционировании, ведь с развитием рынка меняются и предпочтения потребителей, а удо-

влетворение потребностей - одна из возможностей выделиться среди конкурентов. Например, позиционируя продукцию функционального и специализированного направления для здорового образа жизни, пекарь легко займет новую нишу, так как здоровый образ жизни становится все актуальнее среди населения.

Следовательно, результатом развития функционального и специализированного хлебопечения в регионе выступит не только улучшение качества жизни населения, но и увеличение доходов хлебопекарных предприятий.

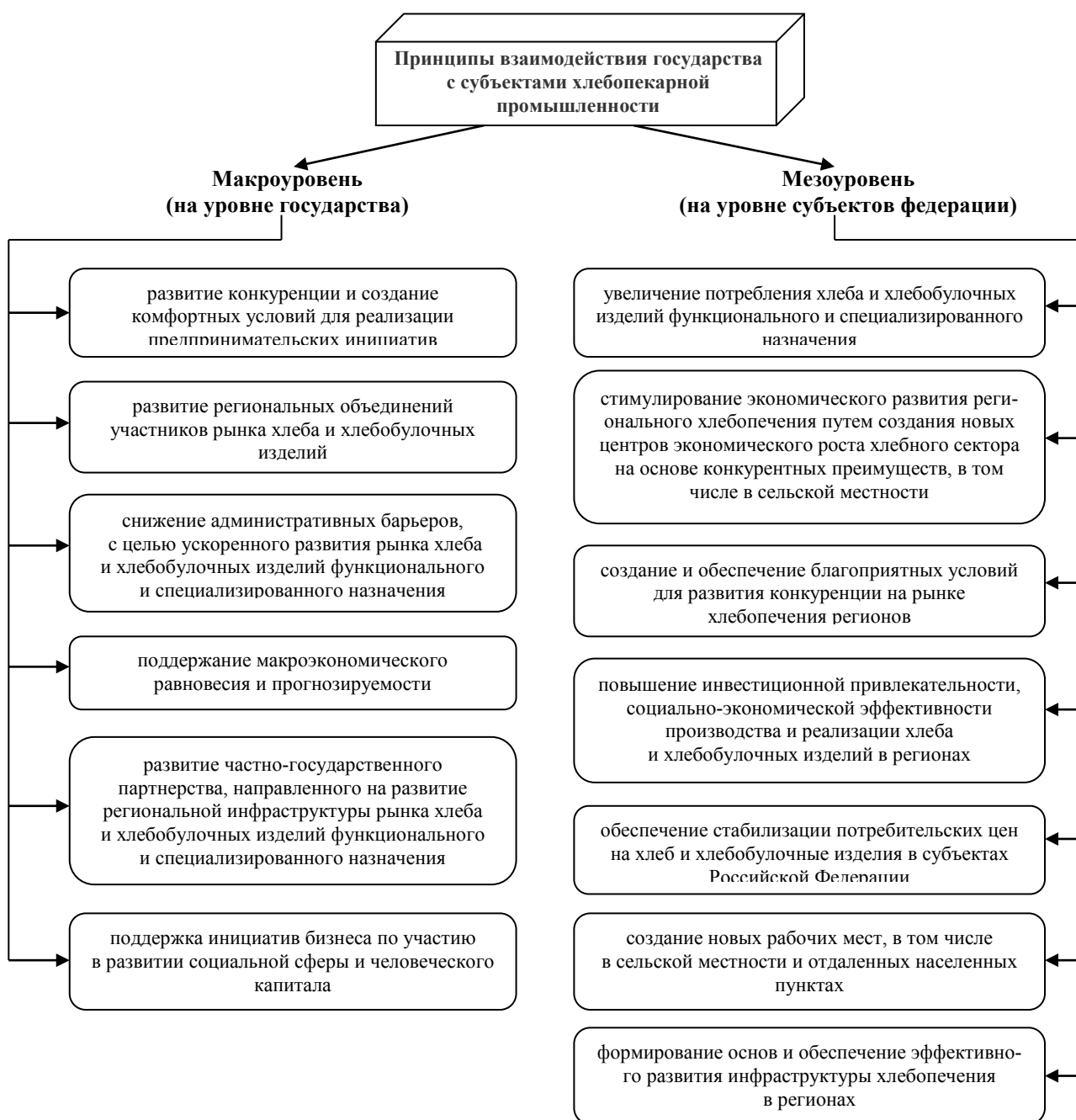


Рисунок 3. Принципы взаимодействия государства и хлебопекарных предприятий

Принципы взаимодействия государства с субъектами хлебопекарного бизнеса на макро- и мезоуровнях, необходимые для преодоления отставания в развитии социально-значимых секторов экономики России от зарубежных аналогов, представлены на рисунке 3.

Одной из наиболее значимых проблем современного развития российской экономики и общества является проблема продовольственной безопасности и обеспечения населения продовольственными продуктами. Объективная необходимость насыщения продовольственного рынка продукцией российского производства предполагает эффективное функционирование предприятий пищевой промышленности, поскольку от объема производства продуктов питания, их качества и цены зависит не только уровень жизни населения, но и развитие экономики в целом. Соот-

ветственно, необходим новый подход к обеспечению развития предприятий пищевой промышленности в условиях зрелых рыночных отношений и растущей конкуренции на внутреннем продовольственном рынке, основанный на использовании не только традиционных ресурсов, но в первую очередь, технологических и организационных инноваций.

Современная модель развития рынка хлеба и хлебобулочных изделий функционального и специализированного назначения требует формирования комфортных условий для развития конкуренции и предпринимательской инициативы.

Выстраивание порядка сотрудничества государства, частного бизнеса и общества будет способствовать успешному достижению поставленной цели посредством учета интересов всех сторон.

ЛИТЕРАТУРА

1 Богомолова И. П., Шатохина Н.М. Диагностика состояния мукомольно-крупяной промышленности // Экономика и обеспечение устойчивого развития хозяйственных структур. Межрегиональный сборник научных трудов. Воронеж, 2007. Вып.7. Часть 1. С.259-264.

2 Косован А.П., Шапошников И.И. Программа развития хлебопекарной промышленности до 2020 г // Хлебопечение России. 2011. №4. С. 4-5.

3 Серёгин С.Н., Мосолова, И.Н. Инновационное развитие отрасли - ключевой фактор повышения качества продукции хлебопечения //Хлебопродукты. 2011. №1. С.4-6.

4 Богомолова И. П., Пигунова М.В., Колесов М.А. Механизм управления рисками предприятий мукомольно-крупяной промышленности: монография. Воронеж: ЦНТИ, 2012. 209 с.

5 Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 14.06.2013 N 31 "О мерах по профилактике заболеваний, обусловленных дефицитом микронутриентов, развитию производства пищевых продуктов функционального и специализированного назначения".

REFERENCES

1 Bogomolova I. P., Shatokhina N.M. Diagnosis of the state of the milling industry. *Ekonomika i obespechenie ustoichivogo razvitiia khoziaistvennykh struktur. Mezhhregional'nyi sbornik nauchnykh trudov*. [Economy and ensuring sustainable development of economic structures . Interregional collection of scientific papers]. Voronezh, 2007, Issu7, Part 1, pp. 259 - 264. (In Russ.)

2 Kosovan A.P, Shaposhnikov I.I. Baking industry development program up to 2020. *Klebopechenie Rossii*. [Baking in Russia], 2011, no. 4, pp. 4-5. (In Russ.)

3 Seregin S.N., Mosolova I.N. Innovative development of the industry - a key factor in improving the quality of bakery products. *Khleboprodukty*. [Bakery], 2011, no. 1, pp. 4-6. (In Russ.)

4 Bogomolova I.P., Pigunova M.V., Kolesov M.A. Mekhaizm upravleniia riskami predpriatii mukomol'no-krupianoj promyshlennosti [Enterprise risk management mechanism of the milling industry]. Voronezh, TsNTI, 2012. 209 p. (In Russ.)

5 Postanovlenie Glavnogo gosudarstvennogo sanitarnogo vracha RF ot 14.06.2013 N 31 «O merakh po profilaktike zabolevanii, obuslovlennykh defitsitom mikronutrientov, razvitiu proizvodstva pishchevykh produktov funktsional'nogo i spetsializirovannogo naznachenii» [Resolution of the Chief State Sanitary Doctor of the Russian Federation of 14.06.2013 N 31 "On measures for prevention of diseases caused by micronutrient deficiencies , the development of production of functional foods and special purpose"] (In Russ.).

УДК 338.2:625.7

Профессор В.В. Гасилов, профессор А.Н. Борисов,
докторант И.А. Провоторов, аспирант Д.Э. Сысоев
(Воронеж. гос. арх-строит. ун-т) кафедра экономики и основ предпринимательства
тел. (473) 271-54-00
E-mail: v_gasilov@mail.ru

Professor V.V. Gasilov, professor A.N. Borisov,
doctoral I.A. Provotorov, graduate D.E. Sysoev
(Voronezh state university of architecture and engineering) Department of economics and the
basics of entrepreneurship
phone (473) 271-54-00
E-mail: v_gasilov@mail.ru

Инновационный механизм строительства арендного жилья в регионе (на примере Воронежской области)

Innovative mechanism for rental housing in the region (Voronezh region)

Реферат. Одним из механизмов решения жилищных проблем населения в ближайшие годы может стать строительство арендного (наемного) жилья. Пилотные проекты по строительству арендного жилья реализуются во множестве регионов России: Самаре, Краснодаре, Новосибирске, Калужской, Нижегородской и Кемеровской областях, республике Татарстан. Так, проекты строительства арендного жилья (доходных домов) в настоящее время производятся в Нижнем Новгороде, при этом целями таких проектов являются: решение социальных проблем; легализация бизнеса аренды жилых помещений; получение прибыли за счет арендной платы; создание дополнительных рабочих мест; совершенствование инфраструктуры города. Подобные проекты реализуются в ряде регионов страны, при этом недостаточно учитывается воздействие на рынок недвижимости. В статье предложено методическое обеспечение для возведения жилья, предназначенного для сдачи в наем. Разработана система коэффициентов, позволяющих охарактеризовать различные аспекты строительства арендного жилья в регионе. Данные коэффициенты разделены на 4 категории: коэффициенты доступности арендного жилья; коэффициент конкурентоспособности арендного жилья; коэффициенты, характеризующие масштабы строительства арендного жилья в регионе; коэффициент заполняемости арендного жилья. Рассмотрена целесообразность строительства арендного жилья в одном из наиболее динамично развивающихся регионов – Воронежской области. Исследование позволяет сделать вывод о том, что строительство в регионе арендного жилья не только предоставит населению привлекательную возможность решения жилищной проблемы, но и будет являться важнейшим ресурсом повышения конкурентоспособности региона в борьбе за трудовые кадры.

Summary. One mechanism for addressing the housing problems of the population in the coming years could be the construction of rental (wage) housing. Pilot projects for the construction of rental housing implemented in many regions of Russia: Samara, Krasnodar, Novosibirsk, Kaluga, Nizhny Novgorod and Kemerovo regions, the Republic of Tatarstan. Thus, rental housing projects (tenements) are currently produced in Nizhny Novgorod, with the objectives of these projects are: the solution of social problems; legalization rental business premises; profit at the expense of rent; creation of new jobs; improving the city's infrastructure. These projects are realized in a some of regions of the country, influence on the realty market thus is insufficiently considered. In article methodical maintenance for creation of the housing intended for tenancy is offered. The system of the coefficients is developed, allowing characterizing various aspects of building of rental housing in region. These coefficients are divided into 4 categories: coefficients of availability of rental housing; coefficient of competitiveness of rental housing; the coefficients characterizing scales of construction of rental housing in region; coefficient of fillability of rental housing. The expediency building of rental housing in one of most dynamically developing regions - the Voronezh region is considered. Research suggests that the construction of rental housing in the region will not only provide a good opportunity to the people solving the housing problem, but is an essential resource and improve the region's competitiveness in the struggle for human resources.

Ключевые слова: арендное жилье, доходные дома, государственное стимулирование, коэффициенты эффективности, трудовые ресурсы, региональный рынок жилья.

Keywords: rental housing, apartment buildings, government incentives, efficiency factors, human resources, the regional housing market.

© Гасилов В.В., Борисов А.Н., Провоторов И.А.,
Сысоев Д.Э., 2014

Одним из механизмов решения жилищных проблем населения в ближайшие годы может стать строительство арендного (наемного) жилья. Пилотные проекты по строительству арендного жилья реализуются во множестве регионов России: Самаре, Краснодаре, Новосибирске, Калужской, Нижегородской и Кемеровской областях, республике Татарстан. Так, проекты строительства арендного жилья (доходных домов) в настоящее время производятся в Нижнем Новгороде, при этом целями таких проектов являются [1]:

- решение социальных проблем;
- легализация бизнеса аренды жилых помещений;
- получение прибыли за счет арендной платы;
- создание дополнительных рабочих мест;
- совершенствование инфраструктуры города.

Нужно отметить, что арендное жилье окажет значительное влияние не только на рынок сдаваемого жилья, но и на весь рынок недвижимости региона. Одним из возможных эффектов создания арендного жилого фонда может стать продажа имеющегося жилья частью населения, сдающего его в аренду, что увеличит предложение на рынке. Снижение прибыльности сдачи жилья в наем должно снизить и спрос на недвижимость для инвесторов, что позволит удовлетворять потребности той части населения, которая приобретает жилье с целью дальнейшего в нем проживания (что является более важным с социальной точки зрения). Использование механизма арендных домов вряд ли окажет значительное влияние на первичный рынок недвижимости. На данном рынке в настоящее время большинство объектов приобретается на ранней стадии в долевое строительство для того, чтобы получить намного больший доход после сдачи объекта в эксплуатацию.

В настоящее время в большей степени арендное жилье, возводимое в регионах, не предполагает влияния на общий рынок арендного жилья, а носит целевой характер обеспечения условий проживания для работников конкретных организаций или особых экономических зон. С этой точки зрения сложно проследить воздействие таких проектов, оценить их эффективность. Важнейшим пунктом, который не обсуждается в научном и политическом сообществе, является масштаб внедрения арендного жилья в регионе. В зависимости от того, какую долю данное жилье будет состав-

лять от общей площади жилого фонда, от общего рынка арендного жилья, от общего количества вводимого ежегодно жилого фонда, масштаб и направления воздействия могут быть различными. Нужно проследить, при каких условиях создание арендных домов позволит упорядочить, стабилизировать отношения на рынке аренды жилья, которые в настоящее время не соответствуют политике решения острой социальной проблемы. Должна быть дана обоснованная оценка потребности конкретного региона в арендных домах с учетом множества факторов, из которых спрос на услугу является лишь одним из важных, но не определяющим.

Строительство арендных домов является рыночным механизмом решения жилищных проблем, хотя и нацелено на решение социальной проблемы. Для инвестора такие проекты должны предоставлять приемлемые показатели эффективности. В качестве таких показателей целесообразно использовать широко распространенные в отечественной и зарубежной практике методы оценки эффективности инвестиций [2].

Для развития рынка жилья, сдаваемого в наем, в регионе учеными предлагаются следующие меры государственного стимулирования [3]:

- первоочередная важность проектов строительства доходных домов по сравнению с обычными проектами;
- предоставление земельных участков для строительства доходных домов;
- введение льготной ставки арендной платы за земельный участок, под строительство арендного жилья;
- разработка стимулов для организаций, участвующих в проектах строительства доходных домов;
- обустройство за счет государственных и муниципальных средств инженерной и транспортной инфраструктурой земельных участков под строительство доходных домов;
- приоритетный порядок документации на проектирование и строительство доходных домов;
- пропаганда среди населения долгосрочного найма жилья как инструмента решения жилищных проблем.

Для определения эффективности строительства новых форм арендного жилья в регионе целесообразно разработать систему критериев, которые характеризовали бы различные аспекты функционирования такого жилья. В качестве критериев эффективности использования аренд-

ных домов предлагается группа показателей, сгруппированных в 4 категории: коэффициенты доступности арендного жилья; коэффициент конкурентоспособности арендного жилья; коэффициенты, характеризующие масштабы строи-

тельства арендного жилья в регионе; коэффициент заполняемости арендного жилья. Данные коэффициенты, формулы их расчета и экономический смысл приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Коэффициенты эффективности строительства арендного жилья

Наименование показателя	Формула расчета	Обозначения	Экономический смысл
1. Коэффициенты доступности арендного жилья			
1.1. Коэффициент доступности арендного жилья по возможности найма	$K_{\text{дост1}} = N_{\text{плат}} / N_{\text{потр}}$	$N_{\text{плат}}$ – количество платежеспособного населения для аренды жилья; $N_{\text{потр}}$ – количество населения желающего арендовать жилье	Показывает долю домохозяйств, способных в соответствии со своими финансовыми возможностями нанять жилье в общем количестве домохозяйств, желающих арендовать жилье
1.2. Коэффициент доступности арендного жилья по доходам	$K_{\text{дост2}} = \text{Sum}_{\text{плат}} / \text{Sum}_{\text{дох. дом.}}$	$\text{Sum}_{\text{плат}}$ – сумма платы за наем жилого помещения (арендная плата + коммунальные платежи); $\text{Sum}_{\text{дох. дом.}}$ – суммарный доход домохозяйства	Показывает долю населения, которая может арендовать жилье по предлагаемым условиям. Часто устанавливается в качестве порогового значения для оценки платежеспособности потенциального нанимателя (в США – 30%)
1.3. Критерий доступности по остаточным доходам	$K_{\text{дост3}} = \text{Sum}_{\text{дох. дом.}} - \text{Sum}_{\text{плат}}$	Как в $K_{\text{дост2}}$	Показывает сумму, остающуюся в распоряжении домохозяйства после платы за наем помещения
2. Коэффициенты конкурентоспособности арендного жилья			
2.1. Коэффициент конкурентоспособности арендного жилья на рынке аренды	$K_{\text{конк.1}} = \text{Sum}_{\text{плат}} / \text{Sum}_{\text{плат среднер.}}$	$\text{Sum}_{\text{плат среднер.}}$ – среднерыночная сумма платы за наем жилого помещения	Показывает конкурентоспособность услуги по проживанию в арендном доме на основе сопоставления цены с среднерыночной
2.2. Коэффициент конкурентоспособности арендного жилья по сравнению с ипотекой аналогичного жилья	$K_{\text{конк.2}} = \text{Sum}_{\text{плат}} / \text{Sum}_{\text{плат ипот.}}$	$\text{Sum}_{\text{плат ипот.}}$ – сумма платы за ипотеку жилого помещения аналогичных характеристик арендному	Показывает конкурентоспособность услуги по проживанию в арендном доме на основе сопоставления цены с платой за ипотечный кредит за аналогичное жилье
3. Коэффициенты, характеризующие масштабы строительства арендного жилья в регионе			
3.1. Коэффициент масштаба строительства арендного жилья	$K_{\text{масш.}} = O_{\text{ар.}} / O_{\text{общ.}}$	$O_{\text{ар.}}$ – объем вводимого арендного жилья в регионе за год (в млн. м ² или количество квартир); $O_{\text{общ.}}$ – общий объем вводимого жилья в регионе за год (в млн. м ² или количество квартир)	Показывает масштаб строительства арендного жилья в конкретном регионе. Различная величина данного коэффициента может оказать влияние на рынок недвижимости
3.2. Коэффициент внедрения нового арендного жилья на рынок найма	$K_{\text{внедр.}} = O_{\text{ар.}} / O_{\text{ар. общ.}}$	$O_{\text{ар. общ.}}$ – общий объем арендного жилья в регионе	Показывает удельный вес возводимого арендного жилья в общем рынке аренды региона. Оказывает воздействие на рынок аренды в зависимости от величины коэффициента
3.3. Коэффициент распространения арендного жилья среди населения	$K_{\text{расп.}} = N_{\text{дом. ар.}} / N_{\text{общ. дом}}$	$N_{\text{дом. ар.}}$ – количество домохозяйств, снимающих жилье; $N_{\text{общ. дом}}$ – общее количество домохозяйств в регионе	Показывает долю населения, которая для решения жилищной проблемы нанимает жилье в общей численности домохозяйств
4. Коэффициент заполняемости арендного жилья	$K_{\text{зап.}} = N_{\text{зап. ар.}} / N_{\text{общ. ар.}}$	$N_{\text{зап. ар.}}$ – количество заселенных жильцами единиц арендного жилья; $N_{\text{общ. ар.}}$ – общее количество арендного жилья	Показывает долю населения, которая может арендовать жилье по предлагаемым условиям

Строительство арендного жилья в настоящее время производится не на всей территории страны, части регионов придется на основе полученного пилотными областями опыта реализовывать подобные проекты. Рассмотрим, насколько целесообразно строительство арендного жилья в одном из наиболее динамично развивающихся регионов ЦФО – Воронежской области. Численность населения Воронежской области на 1 января 2013 года составляет 2330,4 тыс. человек. Регион является достаточно крупным не только в рамках ЦФО, но и в целом по стране. Подробные характеристики области содержатся как в программе социально-экономического развития до 2020 года [4], так и в информации, предоставляемой региональным центром Росстата [5].

В регионе действует множество программ развития, касающихся важнейших отраслей экономики и социальной сферы. Во главе данных программ находятся стратегии социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочную перспективу [4], одной из которых является повышение конкурентоспособности области. В Воронежской области активно реализуются программы по развитию промышленности. Необходимо отметить, что в ходе реализации программ развития промышленности региона проявилось множество негативных факторов, препятствующих динамичному развитию региона. В плане половозрастной структуры Воронежская область относится к «стареющим» регионам, удельный вес населения старше трудоспособного составляет около четверти всего населения. Демографические ограничения, связанные с депопуляцией населения и негативными с точки зрения воспроизводства трудовой силы изменениями половозрастной структуры, препятствуют развитию промышленной и социальной сферы региона. На протяжении последних лет тенденции сохраняются, и уже в ближайшие годы область встанет перед проблемой обеспечения экономического роста в условиях недостатка трудовых ресурсов. Производительность труда в Воронежской области ниже средней по России в 2,3 раза, что объясняется не только высоким износом и низким качеством основных фондов, но и невысокой квалификацией рабочей силы. Планируемая модернизация экономики региона на базе приобретения современного оборудования ставит дополнительные требования перед качеством рабочей силы.

Строительство арендного жилья в регионе может предоставить региону конкурентные преимущества в борьбе за ограниченное количество квалифицированных трудовых ресурсов (рисунок 1).



Рисунок 1. Перспективы строительства арендного жилья в рамках развития промышленности Воронежской области

Обобщая программные документы по развитию промышленности в Воронежской области, можно сделать вывод, что одним из ограничений в настоящее время является дефицит профессиональных кадров. Строительство жилья, предназначенного для сдачи в аренду, позволит региону привлекать квалифицированные трудовые кадры, что должно положительно сказаться на миграционных

процессах. К тому же, наличие альтернативного способа решения жилищной проблемы должно уменьшить отток персонала из Воронежской области. По нашему мнению, в регионе необходима активная государственная политика по развитию жилищной сферы в ракурсе возведения жилых домов для сдачи в наем. Арендное жилье на территории региона не является предметом развития жилищной сферы, хотя в программе развития жилищного строительства в Воронежской области [6] говорится

о том, что решить жилищную проблему только за счет предоставления его населению в собственность нерационально и следует развивать рынок аренды. Однако конкретных мер по развитию арендного жилья не предлагается.

В рамках данного исследования можно сделать вывод о том, что строительство в регионе жилья в целях последующей сдачи в аренду является важнейшим ресурсом повышения конкурентоспособности региона в борьбе за трудовые кадры.

ЛИТЕРАТУРА

1 Англичанинов В.В. Модель реализации строительства доходных домов в Нижегородской области // Вестник Казанского технологического университета. 2008. №3. С. 155-161.

2 Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов: вторая редакция. Официальное издание от 21.06.99. М.: Экономика, 2000. 198 с.

3 Спиридонова К.А. Формирование рынка арендного жилья как способ решения жилищной проблемы в России // Вестник поволжской академии государственной службы. 2011. №4. С. 56-62.

4 Закон Воронежской области № 65-ОЗ «О Стратегии социально-экономического развития Воронежской области на долгосрочную перспективу», 30.06.2010. Режим доступа: <http://www.govvrn.ru/wps /portal/AVO/ evolution Strategy> (15 декабря 2013 г.).

5 Воронежская область в цифрах. 2013: Статистический сборник. Воронеж: Воронеж-стат, 2013. 84 с.

6 Постановление Правительства Воронежской области N 194 «Об утверждении региональной программы «Стимулирование развития жилищного строительства в Воронежской области в 2011-2015 годах»», 14.03.2011. Режим доступа: <http://base.garant.ru/18134119/> (15 декабря 2013).

REFERENCES

1 Anglichaninov V.V. The model of the construction of tenement houses in the Nizhnii Novgorod region. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. [Bulletin of Kazan State Technological University], 2008, no. 3, pp. 155-161. (In Russ.).

2 Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh proektov: vtoraiia redaktsiia ofitsial'noe izdanie ot 21.06.99 [Guidelines on the assessment of investment projects: The second edition. The official publication of 21.06.99]. Moscow, Ekonomika, 2000. 198 p. (In Russ.).

3 Spiridonova K.A. Formation of the rental market as a way to solve the housing problem in Russia. *Vestnik povolzhskoi akademii gosudarstvennoi sluzhby*. [Bulletin of the Volga Academy of Public Administration], 2011, no. 4, pp. 56-62. (In Russ.).

4 Zakon Voronezhskoi oblasti № 65-OZ «O Strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia Voronezhskoi oblasti na dolgosrochnuiu perspektivu» [Law Voronezh region number 65-OZ «On the Strategy for Socio-Economic Development of the Voronezh region in the long term»]. Available at: <http://www.govvrn.ru/wps /portal/AVO/ evolution Strategy> (Accessed 15 December 2013). (In Russ.).

5 Voronezhskaiia oblast' v tsifrakh. 2013: Statisticheskii sbornik. [Voronezh region in the figures. 2013: statistical collection]. Voronezh, Voronezhstat, 2013. 84 p. (In Russ.).

6 Postanovlenie Pravitel'stva Voronezhskoi oblasti N 194 «Ob utverzhdenii regional'noi programmy «Stimulirovanie razvitiia zhilishchnogo stroitel'stva v Voronezhskoi oblasti v 2011-2015 godakh»» [Resolution of the Government of the Voronezh region N 194 «On approval of a regional program «Promotion of housing in the Voronezh region in 2011-2015»»]. Available at: <http://base.garant.ru/18134119/> (Accessed 15 December 2013). (In Russ.).

УДК 338.4:351.83

Профессор Т.И. Овчинникова, доцент А.В. Марков

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра экономической безопасности и финансового мониторинга

тел. (473) 255-37-82

E-mail: alvmark@mail.ru

доцент С.В. Кобелева

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра бухгалтерского учета и бюджетирования

тел. 8-920-465-00-12

E-mail: snakys@yandex.ru

Professor T.I. Ovchinnikova, associate Professor A.V. Markov

(Voronezh state university of engineering technology) Department of economic security and financial monitoring

phone (473) 255-37-82

E-mail: alvmark@mail.ru

associate Professor S.V. Kobeleva

(Voronezh state university of engineering technology) Department of accounting and budgeting

phone 8-920-465-00-12

E-mail: snakys@yandex.ru

Механизм повышения доходов работников за счет развития инноваций

Mechanism for increasing the incomes of workers due to the development of innovation

Реферат. В статье рассмотрены механизмы повышения доходов работников, реализуемых на уровне государства (привлечение государственных органов к усилению социальной ответственности, обеспечение контроля над практической деятельностью бизнеса). Приводятся позиции макроэкономической теории по соотношению темпов роста оплаты труда и важнейших экономических показателей, которые в течение последних лет являются необоснованными. Причины ситуации понятны: стартовые уровни оплаты труда были крайне низкими, а минимальная заработная плата не достигала прожиточного минимума. Предложены пути улучшения конечных результатов деятельности предприятия посредством повышения производительности труда за счет внедрения инноваций, активизации деятельности работников и развития человеческого капитала. В статье исследован механизм повышения доходов работников ОАО Молочный комбинат «Воронежский» с учетом показателя производительности общественного труда (экономической эффективности производства) и предложены варианты увеличения уровня оплаты труда. Показано, что недостаточный уровень активности предприятий в сфере новых разработок влечет за собой снижение инновационной деятельности и уменьшение доходов работников, что приводит к потере предприятиями самостоятельности в создании нововведений и, как следствие, снижению конкурентоспособности в производстве принципиально новой продукции. Авторы считают необходимым законодательное закрепление положения об инновациях и о способах определения величины доплат за их внедрение.

Summary. The article describes the mechanisms for increasing the income of workers, implemented at the state level (involving the public authorities to strengthen social responsibility, control the practical activities of the business). Given position macroeconomic theory ratio growth of wages and the most important economic indicators, which in recent years are unfounded. Suggested ways to improve the outcomes activities of the company by increasing productivity through innovation, revitalization of workers and human capital development. The paper investigates the mechanism of increasing the income of workers of dairy industrial complex «Voronezhskii» considering indicator of labor productivity (economic efficiency) and proposed options for increasing the level of pay. It is shown that a lack of activity of enterprises in new developments entails a reduction in innovation and lower income workers, which leads to loss of independence in establishing innovations on the enterprises, as a consequence, reduce competitiveness in the production of fundamentally new products. The authors consider it necessary legislative provision on innovation and how to determine the amount of co-payments for their implementation.

Ключевые слова: доходы работников, инновации, оплата труда.

Keywords: income workers, innovation, wages.

Актуальность темы определяется необходимостью внедрения инноваций и связанными с ними процессами повышения производительности труда и доходов работников. В экономической литературе утверждается, что инновации являются одним из ключевых факторов выхода стран из текущего кризиса [1]. Однако существует риск того, что предприя-

тия понесут тяжелые убытки от спада экономики. В частности, в докладе ОЭСР приводятся сведения о замедлении роста или абсолютном снижении расходов компаний на исследования и разработки; не менее рискованны краткосрочные инновационные проекты.

© Овчинникова Т.И., Марков А.В., Кобелева С.В., 2014

В то же время в этом же докладе говорится о перспективах усиления конкурентных преимуществ тех компаний, которые сегодня активно инвестируют в исследования и инновации, осваивают новые технологии и модели ведения бизнеса, чему, в свою очередь, способствуют быстрая реакция национальных правительств и «проинновационные» антикризисные программы [3]. Задачей исследования является установление связи между развитием инноваций, производительностью труда и доходами работников.

В России в посткризисный период (2009 - 2011 гг.) наблюдается некоторый рост количества предприятий, внедряющих инновации. По итогам 2011 г. на поддержку инновационного бизнеса было выделено 742 млрд. руб. На рисунке 1 указан рост затрат на технологические инновации в России [2].

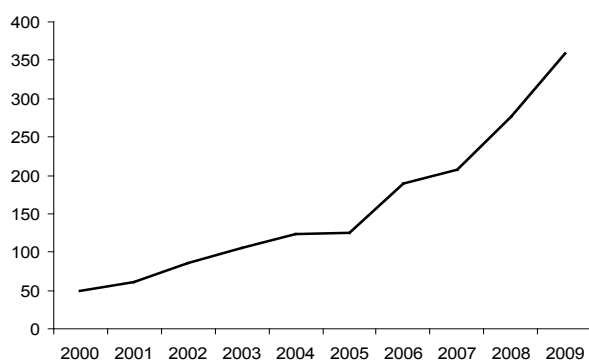


Рисунок 1. Затраты на технологические инновации в промышленном производстве России в 2000-2009 гг., в млрд. руб.

В Воронежской области удельный вес предприятий, внедряющих инновации, также увеличивается. Основные ожидаемые результаты в 2020 г. по отношению к показателям 2009 г.:

- рост числа используемых передовых технологий – в 2 раза;
- увеличение доли инновационно-активных предприятий в общем количестве предприятий промышленности – более чем в 5 раз.

Из общего количества исследованных предприятий Воронежской области 4,5 % занимались исключительно технологическими инновациями, 11,2 % – организационными и маркетинговыми инновациями (нетехнологическими), 5,3 % - технологическими и нетехнологическими инновациями [4].

Инновациями, в основном, занимаются крупные, экономически сильные организации, имеющие достаточные финансовые, кадровые и интеллектуальные ресурсы. Уровень инновационной активности тесно связан с разме-

ром предприятия, в котором растут доходы работников. Рост доходов работников средних и малых предприятий, внедряющих инновации, невелик.

Повышение оплаты труда остается центральной проблемой экономической политики любого государства. В РФ за 2009-2011 гг. этот показатель увеличился почти в 7 раз, при том, что валовой выпуск в фактических ценах вырос в 4 раза, валовой внутренний продукт – в 3 раза, чистый внутренний продукт – в 3,5 раза [7]. Если скорректировать номинальную заработную плату на индекс потребительских цен (Ипц), который за эти годы превысил 130 % (1,84 раза), то реальный фонд заработной платы возрос в 2,8 раза (физический объем ВВП – только в 1,67 раза). Отметим, что реальные доходы населения выше официальных данных, которые не учитывают теневую экономику и коррупцию.

С позиций макроэкономической теории такое соотношение темпов роста оплаты труда и важнейших экономических показателей в течение последних лет является необоснованным. Причины ситуации понятны: стартовые уровни оплаты труда были крайне низкими, а минимальная заработная плата не достигала прожиточного минимума. Средняя заработная плата в стране остается низкой. Как пишет С. Рогов: «...Мощь государства определяется главным образом его эффективностью в социальной, экономической и научно-технической сферах, имеющих решающее значение для поддержания конкурентоспособности в условиях глобализации» [6].

Опубликованные предложения, которые касаются повышения оплаты труда и постепенного «удорожания» рабочей силы, сводятся в основном к следующему:

- переход к почасовой оплате труда;
- постепенное повышение доли заработной платы в себестоимости продукции до 30–35 % (как в большинстве экономически развитых стран);
- уменьшение пенсионных и социальных начислений на фонд заработной платы, что должно стимулировать предпринимателей к легализации средств, которые в данное время выдаются в «конвертированном виде»;
- совершенствование налоговой системы в направлении ослабления налоговой нагрузки на предпринимателей.

Механизм повышения доходов на уровне государства представлен на рисунке 2.

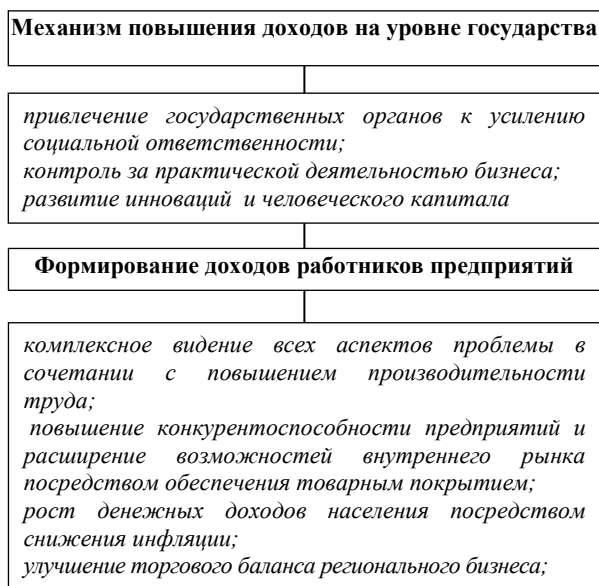


Рисунок 2. Механизм повышения доходов на уровне государства

В настоящее время на уровень заработной платы влияют, главным образом, два фактора – рынок труда и регулятивная функция государства. Взаимодействие спроса и предложения рабочей силы является определяющим рынком труда фактором; ситуация на нем обуславливает параметры тарифных соглашений на межотраслевом, отраслевом и производственном уровнях. Эти соглашения входят в качестве составной части в коллективные договоры на предприятиях. В соглашениях фиксируются формы и системы оплаты труда и должностные оклады, поощрительные выплаты, связанные с улучшением текущих результатов труда (доплаты, надбавки, гарантийные и компенсационные выплаты, премии, связанные с выполнением производственных заданий и функций, и др.). Если спрос на рабочую силу той или иной профессии и квалификации на конкретном рынке высок, то и уровень оплаты труда также высокий. Этим объясняется значительная дифференциация заработной платы по предприятиям региона.

Регулятивная функция государства на рынке труда осуществляет через установление нормативов начислений на фонд заработной платы и гарантирование ее минимума, а также путем прямого повышения должностных окладов отдельным категориям работников бюджетной сферы – учителям, военнослужащим, врачам и др. Повышение минимальной заработной платы в полной мере ощущают работники бюджетной сферы, так как должностные оклады «автоматически» повышаются в соответствии с категориями. Вместе с тем в рыночных структурах такого «автоматического»

повышения зарплаты всем категориям работающих не происходит, ведь государство непосредственно не вмешивается в хозяйственную деятельность предпринимателей.

Работодатель заинтересован в повышении прибыли, чего можно добиться, если материальные и трудовые ресурсы на каждой стадии и на каждом участке производства будут использоваться интенсивнее. Для этого предприниматель вводит те или иные системы материального поощрения за текущие результаты труда в таком объеме, чтобы дополнительная прибыль от предпринятых мер максимально превышала издержки. Государство также заинтересовано в экономическом росте и повышении прибыльности хозяйственных единиц, поскольку при этом налоги и доходная часть бюджета увеличиваются. Однако, как ни парадоксально, наименее заинтересованы в улучшении конечных результатов деятельности предприятий наемные работники. Они принимают непосредственное участие в изготовлении и реализации продукции (услуг), но не имеют отношения к распределению конечных результатов [5].

Ставя перед собой цель – обосновать величину прироста к сформировавшейся на рынке заработной плате, которую должны получать наемные работники, мы ставим также цель – улучшение конечных результатов деятельности предприятия посредством внедрения инноваций. Чтобы достичь этих целей, следует:

- проанализировать экономические последствия внедрения тех или иных предложений по повышению оплаты труда, которые принимают во внимание изменения производительности (экономии) общественного труда (т.е. внедрения организационных, технических, технологических, маркетинговых, информационных инноваций);

- обосновать механизмы повышения доходов наемных работников, определяемые показателями эффективности производства;

- исследовать изменения пропорций в распределении результатов деятельности предприятий в треугольнике «государство – работодатель – наемный работник» при повышении доходов последнего.

Рассмотрим несколько положений по повышению оплаты труда, которые не принимают во внимание темпы роста его производительности.

1. Повышение минимального размера оплаты труда. Например, будем считать справедливой минимальную оплату труда на уровне 150 руб./ч., расчеты показывают, что на такую меру потребуется 12,6 трлн. руб., то есть намного больше ВВП страны. Если минималь-

ную почасовую оплату труда установить на уровне 10 руб., то фонд заработной платы будет приблизительно равен годовому ВВП. Как видим, этот механизм не правомочен.

2. Увеличение доли заработной платы в структуре себестоимости товаров и услуг. Разработанные механизмы увеличения доли заработной платы в структуре себестоимости товаров и услуг предприятий до 30% и выше также нельзя считать экономически обоснованными по следующим соображениям:

- продукция производителей может оказаться неконкурентоспособной;
- единственный норматив – доля заработной платы в структуре себестоимости продукции – не учитывает технологическую специфику ее формирования в конкретных отраслях экономики, которые резко различаются фондо-, материало- и трудоемкостью произведенной продукции, что объективно обуславливает значительную дифференциацию оплаты труда в структуре себестоимости. Следовательно, вышеуказанный механизм (как единственный) также нельзя считать обоснованным [8].

3. Уменьшение пенсионных и социальных отчислений. Один из путей увеличения зарплаты – уменьшение пенсионных и социальных начислений на ее фонд, которые на сегодняшний день составляют 40–41 %. Экономическое содержание этого предложения заключается в том, что при увеличении работодателем заработной платы своим работникам на определенный процент, размер обязательных отчислений уменьшается на такой же процент. Это повлечет за собой рост официальной зарплаты, часть которой пока находится в тени из-за чрезмерных налоговых нагрузок. Но совсем не обязательно, что заработная плата выйдет при этом из «тени», а государственные доходы уменьшатся [9].

4. Самый результативный путь увеличения заработной платы – это повышение производительности труда за счет внедрения инноваций и активизации деятельности работников.

Нами исследован механизм повышения доходов работников ОАО «Молочный комбинат «Воронежский» с учетом показателя производительности общественного труда (экономической эффективности производства). Часть эффекта от повышения производительности общественного труда, которую можно направить в доходы наемных работников ($\PhiЗПл.m1$) определяется как произведение фактического фонда зарплаты ($\PhiЗПл1$) и темпа (коэффициента) прироста производительности живого труда ($Imm-1$):

$$\PhiЗПл\ n.m1 = (ln\ m-1) * \PhiЗПл1 \quad (1)$$

Проведя соответствующее сравнение (за 2009-2011 гг.), выявили пропорции и темпы изменения анализируемых показателей, которые дают основание для выводов о тех результатах, которых можно было бы ожидать от внедрения тех или иных предложений в 2009 г. Фактический фонд заработной платы рассматривается как сформировавшийся, главным образом, под влиянием рыночного спроса и предложения рабочей силы, с учетом выплат за текущие результаты труда.

Изложенный вариант повышения оплаты труда – крайне «жесткий» по отношению к работодателям. Если в 2009 г. доля фонда заработной платы в объеме реализованной продукции составила 36,7 %, чистая прибыль – 28,2 %, то в 2011 г., соответственно, – 52,5 и 15,4 %. Введение такого варианта может сдерживать инвестиционно-инновационную активность предприятий и серьезно уменьшит дивиденды их собственников.

Второе направление повышения доходов работников – их участие в прибылях предприятия. Справедливое, четкое и понятное для всех распределение прибылей между экономическими агентами – государством, работодателями (собственниками) и наемными работниками является главным условием для того, чтобы создать благоприятный социально-психологический климат, вызвать у каждого желание стать сопричастным к стабильно высоким общим результатам деятельности.

Те или иные модификации системы участия в прибылях распространены во всех развитых странах с рыночной экономикой. В пользу работников там направляется до 25 % чистых прибылей. Правительства этих стран, администрация предприятий, а также профсоюзы принимают активное участие в формировании законодательной базы по данным вопросам. Согласно постановлениям правительств европейских стран, вошли в действие специализированные «коллективные договоры по заинтересованности», предусматривающие передачу части прибыли в фонд оплаты труда.

Действенные механизмы участия в прибылях предприятий являлись составной частью государственной экономической политики в бывшем СССР: премирование инженерно-технических работников и служащих осуществлялось из фонда материального поощрения, образованного из прибыли предприятий по определенным нормативам. Это был элемент коллективной заинтересованности работников в изобретательской и инновационной деятельности, скорейшего достижения плановых показателей.

На современных предприятиях (государственных и предпринимательских) подобные механизмы отсутствуют. Государство не участвует в оптимизации отношений между трудом и капиталом, не разрабатывает законодательные и организационные формы социального партнерства. Как пишет С. Рогов: «Сложившаяся на сегодняшний день система характеризуется социальной разобщенностью, институциональной слабостью, зыбкостью моральных норм. Все это – препятствия на пути перехода к инновационному пути развития, реализующему интеллектуальный потенциал общества» [6]. Однако законы об инновационной деятельности и государственном частном партнерстве свидетельствуют об актуальности данной проблемы.

Участие профсоюзов в распределении прибыли находится на низком уровне; они оказываются в положении «просителей» у работодателя, когда требуют надбавку из прибыли предприятия для трудового коллектива.

ЛИТЕРАТУРА

1 Овчинникова Т.И., Булгакова И.Н., Серяков А.В. Сотрудничество агентов рынка как метод совершенствования инновационно-стратегического планирования высокотехнологических комплексов // Экономика и предпринимательство. 2013. №4. С. 468-470.

2 Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики [Электронный ресурс] Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/nauka/pril3.pdf.

3 Policy Responses to the Economic Crisis: Investing in Innovation for Long-Term Growth. Paris: OECD, 2009. pp. 5, 6, 7, 10.

4 Актуализированная стратегия социально-экономического развития Воронежской области. Воронежстат, 2011.

5 Овчинникова Т.И., Кобелева С.В., Марков А.В. Современная концепция стимулирования предпринимательской деятельности (на примере предприятий Воронежской области) // Управление персоналом. 2007. № 17. С. 46-49.

6 Рогов С. О Роли государства в возрождении созидательного потенциала России // РЭЖ. 2005. №7-8. С. 34, 37.

7 Регионы России: Социально-экономические показатели 2012 г.: Статистический сборник. М.: Росстат, 2012. 999 с.

8 Овчинникова Т.И., Кобелева С.В. Современная концепция стимулирования деятельности работников // Кадры предприятия. 2007. №10. С. 97-101.

Проводя коллективные переговоры, профсоюзные лидеры должны чувствовать себя равноправными партнерами, занимать жесткую позицию в определении вклада коллектива в конечные результаты работы предприятия.

Считаем необходимым законодательно закрепить положение об инновациях и способе определения величины доплат за внедрение новаций (в виде дополнительных выплат из прибыли), представляющих собой произведение фактически начисленного фонда заработной платы и коэффициента (темпа прироста) производительности живого труда в рассматриваемом периоде [10].

Недостаточный уровень активности предприятий в сфере новых разработок влечет за собой снижение инновационной деятельности и влияет на доходы работников, что приводит к потере предприятиями самостоятельности в создании нововведений и, как следствие, снижению конкурентоспособности в производстве принципиально новой продукции.

9 Овчинникова Т.И., Кобелева С.В., Марков А.В. Дифференциация доходов населения как проблема социально-экономического развития региона // Современная экономика: проблемы и решения. 2014. №1(49). С. 48-54.

10 Овчинникова Т.И., Пахомов А.И., Кобелева С.В. Проблемно-ориентированный подход к изменению трудовых отношений (на примере Воронежской области) // Вестник ВГУИТ. 2013. №4 (58). С. 229-234.

REFERENCES

1 Ovchinnikova T.I., Bulgakova I.N., Seriaikov A.V. Cooperation market agents as a method of improving the innovation of high-tech strategic planning systems. *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. [Economics and Business], 2013, no. 4, pp. 468-470. (In Russ.).

2 Ofitsial'nyi sait federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki [The official site of the Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/nauka/pril3.pdf. (In Russ.).

3 Policy Responses to the Economic Crisis: Investing in Innovation for Long-Term Growth. Paris, OECD, 2009. pp. 5, 6, 7, 10.

4 Aktualizirovannaya strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia Voronezhskoi oblasti [The updated strategy for socio-economic development of the Voronezh region]. Voronezh, Voronezhstat, 2011. (In Russ.).

5 Ovchinnikova T.I., Kobeleva S.V., Markov A.V. Modern concept of stimulating entrepreneurial activity (on the example of the Voronezh region). *Upravlenie personalom*. [Personnel Management], 2007, no. 17, pp. 46-49. (In Russ.).

6 Rogov S. On the role of the state in the revival of the creative potential of Russia. *REZh*. [Russian economic journal], 2005, no. 7-8, pp. 34, 37. (In Russ.).

7 Regiony Rossii: Sotsial'no-ekonomicheskie pokazateli 2012 g.: Statisticheskii sbornik [Regions of Russia: Economic and Social Indicators 2012: Statistical digest]. Moscow, Rosstat, 2012. 999 p.

8 Ovchinnikova T.I., Kobeleva S.V. Modern concept of stimulating the activity of employees. *Kadry Predpriiatiia*. [Staffing company], 2007, no. 10, pp. 97-101. (In Russ.).

9 Ovchinnikova T.I., Kobeleva S.V., Markov A.V. Income differences of the population as problem of social and economic development of the region. *Sovremennaiia ekonomika: problem i resheniia*. [Modern Economy: problems and solutions], 2014, no. 1(49), pp. 48-54. (In Russ.).

10. Ovchinnikova T.I., Pakhomov A.I., Kobeleva S.V. The problem-oriented approach to change in the employment relationship (Voronezh region). *Vestnik VGUI*. [Bulletin of VSUET], 2013, no. 4 (58), pp. 229-234. (In Russ.).

УДК 332.146

Аспирант О.И. Авцинов

(Московский государственный социальный университет) кафедра теории, экономики
товароведения и торговли
тел. (473) 254-55-13
E-mail: igor.awtzinov@yandex.ru

Graduate O.I. Avtsinov

(Moscow state social university) Department of theory, economics and commodity trading
phone (473) 254-55-13
E-mail: igor.awtzinov@yandex.ru

Факторы, определяющие инвестиционную привлекательность региона

Factors determining the investment attractive- ness of the region

Реферат. В статье показана актуальность исследования, направленного на формирование благоприятного инвестиционного климата на уровне страны и ее регионов, как необходимого условия для решения проблем модернизации промышленного производства, внедрения достижений научно-технического прогресса во все сферы общественной жизни, осуществления масштабных социальных и производственных программ. В работе обоснованы теоретические положения, раскрывающие сущность и взаимосвязи понятий: инвестиционный климат, инвестиционная привлекательность и инвестиционная активность. Доказано, что инвестиционную привлекательность целесообразно рассматривать как факториальный признак и важный компонент инвестиционного климата региона, а инвестиционную активность – как результативный признак. В исследовании представлен широкий спектр факторов, формирующих благоприятные условия для осуществления инвестиционной деятельности. Автор акцентирует внимание на важности нетрадиционных факторов формирование инвестиционной привлекательности таких, как сокращение сроков подключения к сетям энергоснабжения, информационным коммуникациям, совершенствование процедуры сдачи налоговой отчетности, четкость работы таможни, введение регламентов для получения разрешений на строительство объектов и сокращение количества необходимых документов. В статье проведен анализ показателей и ключевых факторов инвестиционной привлекательности Воронежской области, позволивших привлечь в регион объем инвестиций, превышающий среднероссийский уровень. Основными из них являются развитие новых промышленных парков с хорошей транспортной, инженерной, деловой инфраструктурой. Инвесторы в регионе получают комфортные условия для ведения бизнеса на подготовленных участках с подведенными коммуникациями, дорожными связками, что позволяет им снизить производственные издержки, при этом, соответственно, возрастает инвестиционная привлекательность территории. Успехи в привлечении инвестиций в Воронежскую область во многом объясняются внедрением стандарта деятельности исполнительных органов государственной власти, включающего 15 документов, призванных сделать инвестиционный процесс комфортным и эффективным, реализацией инвестиционной стратегии региона, с учетом утвержденного план создания инвестиционных объектов.

Summary. In the article we can see relevance of the research aimed at creating a favorable investment climate in the country and its regions, as a necessary condition for solving the problems of modernization of industrial production, the introduction of scientific and technological progress in all spheres of public life, the implementation of large-scale social and productive programs. In the study we justify the theoretical principles and reveal the essence of the relationship concepts: investment climate, investment attractiveness and investment activity. It is proved that the investment attractiveness should be considered as a sign of factorial and important component of the investment climate in the region, and investment activity as a sign score. In the study we can see a wide range of factors shaping favorable conditions for investment activities. The author focuses on the importance of non-traditional factors shaping the investment attractiveness of such as reducing the time to connect to power grid, information communication, improvement of tax reporting procedures, clarity of customs work, the introduction of regulations for obtaining permits for construction of facilities and reducing the number of required documents. This article analyzes of the indices and the key factors of investment attractiveness of the Voronezh region, which attract investment, exceeding the national average. The main ones are the development of new industrial parks with good transport, engineering, business infrastructure. Investors in the region have favorable conditions to carry on business on the prepared sites with painted communications, junctions, allowing them to reduce production costs, while correspondingly increasing the investment attractiveness of the area. Success of the attracting investment in the Voronezh region is largely due to the introduction standard of the executive bodies of state power, including 15 documents designed to make the investment process comfortable and effective implementation the investment strategy of the region approved a plan to establish investment projects.

Ключевые слова: инвестиционная привлекательность, инвестиционный климат, инвестиционная активность, фактор.

Keywords: investment attractiveness, investment climate, investment activity, factor.

© Авцинов О.И., 2014

Активная инвестиционная деятельность является фактором экономического роста, так как способствует решению проблемы модернизации производства, внедрению достижений научно-технического прогресса, возрастанию материального изобилия, позволяет осуществить масштабные социальные и производственные программы. Однако реализация инвестиционных проектов предопределяет необходимость создания условий и предпосылок для эффективной деятельности всех субъектов хозяйствования. В связи с этим актуальной задачей является формирование благоприятного инвестиционного климата на уровне страны и ее регионов.

Россия имеет особенность. Это - обширность территории и, как следствие, межрегиональные различия экономических, политических, социальных и культурных условий.

Эксперты Всемирного банка объясняют ситуацию неравномерного распределения объемов привлеченных прямых иностранных инвестиций (ПИИ) между областями страны различиями в обычных факторах, таких как, развитость инфраструктуры, размер рынка и платежеспособный спрос, квалификация рабочей силы, а самое главное, спецификой реализуемой региональной инвестиционной политики, институциональными условиями и мерами государственной поддержки. Кроме этого, важными факторами являются различия в тарифах на коммунальные услуги, размерах арендных платежей, процедурах таможенной очистки, в доступе к финансовым ресурсам и т.д.

Инвестиционный климат субъекта федерации России представляет собой исторически сложившийся комплекс факторов, формирующих инвестиционную привлекательность региона и, как ее результат – масштаб привлечения инвестиций, активность инвесторов [4]. К ним относятся экономический, политический, социально-правовой, финансовый, хозяйственный факторы, зрелость рыночной среды, а также факторы географического, природно-ресурсного, экологического, этнического и культурного характера [1]. Важным аспектом является формирование административного и делового климата в регионе. Все перечисленные факторы формируют объективные условия для активизации инвестиционных процессов в регионе.

Таким образом, инвестиционный климат – это система, нацеленная на рост инвестиционной активности.

При этом важно отметить, что эффективность деятельности региональных властей во многом определяется масштабами привлечения инвестиций в основной капитал региона, что характеризует инвестиционную активность. Определяется инвестиционная активность региона интенсивностью инвестиционной деятельности хозяйствующих субъектов региона и измеряется объемами и темпами привлечения инвестиций в основной капитал.

Инвестиционная активность региона обеспечивается его инвестиционной привлекательностью, под которой понимается совокупность различных объективных признаков, возможностей и ограничений, средств и методов, способствующих формированию благоприятных условий для инвестиционной деятельности.

Инвестиционная привлекательность, на наш взгляд, может рассматриваться как факторный признак и важный компонент инвестиционного климата региона, а инвестиционная активность – как результативный признак.

Инвестиционная привлекательность региона формируется под воздействием мер государственной региональной политики, создающей рамочные условия для развития регионов, а также региональной инвестиционной политики. При реализации региональной инвестиционной политики следует обеспечить действие не только объективных факторов инвестиционного климата, но и факторов, усиливающих конкурентные преимущества региона.

В 2012 году на инвестиционном форуме «Россия-2012» был поставлен вопрос об улучшении инвестиционного климата в России. По оценкам Всемирного банка в 2012 г. Россия находилась на 120-м месте в мире по условиям ведения бизнеса, что является важнейшим фактором инвестиционного климата страны. Выступая на Форуме, президент страны В.В. Путин поставил задачу в ближайшие несколько лет сделать «100 шагов вперед», т.е. к 2018 году Россия должна подняться со 120-го на 20-е место по уровню ведения бизнеса и войти в число стран с наиболее привлекательным деловым климатом.

Он отметил, что инвестиционная привлекательность страны зависит от сокращения в 4 раза сроков подключения к различным сетям: энергоснабжения, информационным коммуникациям и др.; совершенствования процедуры подготовки и сдачи в соответствующие органы налоговой отчетности, что позволит в 3 раза высвободить время бухгалтера. Для улучшения

условий ведения бизнеса в 7 раз быстрее должна работать таможня, в 5 раз меньше времени должно тратиться на получение разрешения для строительства объектов, при этом необходимо сократить объем бумаг в 3 раза и т.д.

На уровне государства для повышения инвестиционной привлекательности субъектов Федерации обязали создать Совет по улучшению инвестиционного климата региона, разработать Стратегию развития региона и принять Стандарты деятельности органов исполнительной власти субъекта Российской Федерации по обеспечению благоприятного инвестиционного климата в области.

По мнению федеральных властей, инвестиционная стратегия региона должна опираться на следующие принципы:

- обеспечение добросовестности ведения бизнеса;
- повсеместное внедрение позитивной международной практики;
- формирование партнёрских отношений между государством, бизнесом и обществом.

Таким образом, предприниматели сами непосредственно должны формировать благоприятную деловую среду и формулировать требования к совершенствованию таможенных, налоговых, административных и других процедур. Кроме того, в нашей стране должны появиться специалисты, уполномоченные обеспечить защиту прав предпринимателей. Планируется, что такой специалист будет отстаивать интересы предпринимателей в суде, рассматривать их жалобы, вносить предложения в органы государственной власти.

Значительную роль в повышении инвестиционной привлекательности региона играет сформированная система привлечения инвесторов. Система, которая нацелена на аудиторию потенциальных инвесторов, информирующая инвесторов о бизнес-климате, ресурсах региона, о хозяйствующих субъектах, об усилиях органов государственной власти по созданию благоприятных условий инвестирования. Важным элементом системы должно стать тесное сотрудничество и партнерство региональных органов государственной власти и хозяйствующих субъектов, имеющих одинаковые взгляды на будущее развития региона [3].

Система привлечения инвесторов Воронежской области включает:

- формирование инвестиционного имиджа региона через не прямые каналы (веб-сайт, ре-

кламные и информационно-справочные материалы, публикации в деловых изданиях и др.);

- определение целевых инвесторов и организация их привлечения в Воронежскую область через прямые каналы (форумы, выставки и др.);

- обеспечение инвесторов качественной организационной, информационной и консультационной поддержкой на этапе принятия решения и реализации проекта;

- закрепление персонифицированной ответственности за результаты работы системы [3].

В Воронежской области принята Программа «Повышение инвестиционной привлекательности Воронежской области на 2011-2014 годы», основной целью которой является улучшение инвестиционного климата региона и привлечение прямых иностранных и отечественных инвестиций в производственную деятельность предприятий на территории области. Для достижения поставленной цели предполагается решение задач:

- совершенствование нормативно-правовой базы для ведения инвестиционной деятельности;

- развитие инфраструктуры для реализации инвестиционных проектов;

- разработка и совершенствование финансовых механизмов привлечения и поддержки инвестиций;

- поддержка субъектов предпринимательства по продвижению инновационной продукции на внутренний и внешний рынок;

- формирование тарифных условий, благоприятных для активизации инвестиционной деятельности.

- подготовка специалистов по инвестиционному планированию и прогнозированию.

- формирование инвестиционного имиджа Воронежской области.

Реализация программы осуществляется путем выполнения скоординированного по срокам, ресурсам, исполнителям и результатам комплекса взаимосвязанных мероприятий. Мероприятия, включаемые в Программу, носят системный характер в соответствии со следующими принципами: комплексности, согласованности, сбалансированности, публичности, использования конкурентных преимуществ региона, практической обоснованности, эффективности, концентрации на привлечении ключевых инвесторов.

Реализация мероприятий предполагает:

- мониторинг, а в случае необходимости, изменение или разработку пакета доку-

ментов, направленных на устранение барьеров, препятствующих привлечению инвестиций;

- мониторинг эффективности инвестиционной инфраструктуры Воронежской области и определение направлений ее совершенствования;

- обеспечение деятельности регионально-го центра государственно-частного партнерства;

- информационное обеспечение инвестиционной деятельности и формирование механизмов обратной связи субъектов инвестиционного рынка о существующих барьерах и препятствиях для реализации инвестиционных проектов;

- развитие на территории области подготовленной инфраструктуры для реализации инвестиционных проектов.

Кроме того, одним из механизмов, призванных повысить инвестиционную привлекательность региона является развитие новых индустриальных парков, которые представляют собой обустроенные территории с развитой транспортной, инженерной, деловой инфраструктурой. Инвесторы получают комфортные условия для ведения бизнеса на подготовленном участке с подведенными коммуникациями, дорожными развязками. При этом достигается значительное снижение производственных издержек частных инвесторов и, соответственно, возрастает инвестиционная привлекательность территории.

В настоящее время Воронежская область приглашена к участию в соревновании регионов «100 шагов к благоприятному инвестиционному климату», в основе которого положены критерии благоприятности инвестиционного климата. Данный проект является пилотным, в нем примут участие пока только 20 регионов, при этом три лучших региона получают гранты федерального правительства. У региона есть все основания претендовать на этот статус.

Объем инвестиций в основной капитал по предприятиям Воронежской области за 2012 год составил 180 млрд. рублей или 111,1 % к уровню предыдущего года (по России – 106,6 %), в том числе по крупным организациям – 126 млрд. рублей или 105,2 % к 2011 году. К уровню докризисного 2008 года инвестиций в регионе выросли в 1,6 раза (по России в целом – на 5,5 %).

Объем инвестиций на душу населения в Воронежской области в 2012 году составил 77,2 тыс. р. Этот показатель отстает от сред-

нероссийского значения (85,7 тыс. р.). Однако усилиями региональной системы привлечения инвестиций удалось существенно сократить разрыв данного показателя (с 66,9 % в 2008 г. до 90 % в 2012 г.).

Основным источником инвестиций (75 %) являлись привлеченные средства, в их числе средства бюджетов – 25,7 %, кредиты банков – 13,7 %. В составе собственных источников финансирования инвестиционной деятельности вырос удельный вес прибыли (с 7 % в 2011 г. до 11 % в 2012 г.). Наиболее привлекательными отраслями для инвестиционных вложений являлись энергетика (30,1 %), агропромышленный комплекс (18,3 %, в том числе сельское хозяйство – 14,5 %, и производство пищевых продуктов – 3,8 %) и транспорт (9,8 %). Их вклад в инвестиционное развитие региона в совокупности составил около 60 %.

Объем иностранных инвестиций в региональную экономику составил 645 млн. дол., что оказалось ниже на 19 % по сравнению с 2011 г. Однако произошел рост удельного веса прямых инвестиций в источниках до 45,8 %, что является несомненным успехом в сравнении с предыдущими годами (22,7 % в 2011 г.; 11 % в 2010 г.). В целом объем прямых иностранных инвестиций в экономику области составил 295 млн. долл., рост – в 1,6 раза к 2011 г. [5].

Воронежская область оказалась в числе лучших по внедрению стандарта деятельности исполнительных органов государственной власти. Стандарт включает в себя 15 документов, призванных сделать инвестиционный процесс комфортным и эффективным. Разработана инвестиционная стратегия региона, утвержден план создания инвестиционных объектов. В 2014 году предстоит приступить к практическому этапу этой работы.

На сегодняшний день в регионах, где администрация уделяет большое значение развитию долгосрочных и взаимовыгодных отношений с инвесторами, действует развернутая система государственной поддержки [2], там и достигается высокая результативность проводимой инвестиционной политики.

Таким образом, анализ показателей, характеризующих привлечение инвестиций в регион, позволяет сделать выводы о возросшей инвестиционной активности хозяйствующих субъектов, а, следовательно, о повышении инвестиционной привлекательности Воронежской области.

Целевые индикаторы Программы «Повышение инвестиционной привлекательности
Воронежской области на 2011-2014 годы»

Наименование целевого индикатора	Значение целевого индикатора по годам реализации программы			
	2011	2012	2013	2014
Объем инвестиций в основной капитал, млрд. руб.	134,18	147,41	164,78	189,86
Индекс физического объема инвестиций в основной капитал к предыдущему году в сопоставимых ценах, %	102,30	102,10	103,60	105,90
Объем иностранных инвестиций, млн. долл. США	276,50	282,00	287,60	296,20
Доля прямых иностранных инвестиций в общем объеме иностранных инвестиций, %	6,01	6,27	10,00	12,00
Доля инновационной продукции в общем объеме выпуска промышленной продукции, %	20,50	21,00	21,50	22,00
Количество компаний-резидентов в индустриальных парках, ед.	6	9	12	15
Количество субъектов малого и среднего предпринимательства в расчете на 1 тыс. человек, ед.	8,20	8,40	8,50	8,70

ЛИТЕРАТУРА

1 Воронин В.П., Подмолодина И.М., Нестеренко В.И. Иностранные инвестиции в условиях глобализации: учебное пособие. Воронеж: ВГУИТ, 2005. С. 60-61.

2 Подмолодина И.М., Кусто Д.А. Инвестиции – регионы - господдержка // Российское предпринимательство. 2009. №11. Вып.1. С. 158-163.

3 Подмолодина И.М., Кустов Д.А. Привлечение инвестиций в региональную экономику (на примере Воронежской области). Воронеж: Научная книга, 2009. 286 с.

4 Шульгина Л.В., Подмолодина И.М. Региональный инвестиционный климат // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2008. № 5. С. 8-9.

5 Пояснительная записка по основным параметрам прогноза социально-экономического развития Воронежской области на 2014 год и на плановый период 2015 и 2016 годов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://econom.govvrn.ru>.

REFERENCES

1 Voronin V.P., Podmolodina I.M., Nesterenko V.I. Inostrannye investitsii v usloviakh globalizatsii [Foreign investment in the context of globalization]. Voronezh, VGUIT, 2005. pp. 60-61. (In Russ.).

2 Podmolodina I.M., Kustov D.A. Investments - regions - state support. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo*. [Russian Entrepreneurship], 2009, no. 11, Issue 1, pp. 158-163. (In Russ.).

3 Podmolodina I.M., Kustov D.A. Privlechenie investitsii v regional'nuiu ekonomiku (na primere Voronezhskoi oblasti) [Attracting investments in the regional economy (Voronezh region)]. Voronezh, Nauchnaia kniga, 2009, pp. 286. (In Russ.).

4 Shul'gina L.V., Podmolodina I.M. Regional Investment Climate. *Finansy. Ekonomika. Strategiya*. [Finance. Economy. Strategy.], 2008. no. 5, pp. 8-9. (In Russ.).

5 Poiasnitel'naia zapiska po osnovnym parametram prognoza sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia Voronezhskoi oblasti na 2014 god i planovyi period 2015 i 2016 godov [Explanatory note on the basic parameters of social and economic development of the Voronezh region in 2014 and the planning period of 2015 and 2016]. Available at: <http://econom.govvrn.ru>. (In Russ.).

УДК 331.5.024.54 : 336.027

Доцент Е.Г. Филимонова

(С-Пб ун-т ГПС МЧС России) кафедра управление и интегрированные маркетинговые коммуникации

тел. (812) 369-69-76

E-mail: UilMK@mail.ru

доцент О.М. Ленковец

(Нац. минерально-сырьевой ун-т «Горный») кафедра экономической теории

тел. (812) 328-8241

E-mail: politek@spmi.ru

Associate Professor E.G. Filimonova

(Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia) Department management and integrated marketing communications

phone (812) 369-69-76

Email UilMK@mail.ru

associate Professor O.M. Lenkovets

(National Mineral Resources University (Mining University)) Department of Economic Theory

phone (812) 328-8241

E-mail: politek@spmi.ru

Взаимосвязь человеческого капитала и системы налогообложения в разрезе устойчивого развития

The relationship of human capital and taxation system in the context of sustainable development

Реферат. Поддержание стабильного уровня национальной экономики является приоритетной целью социально-экономической политики России. Известно, что на развитие экономики государства влияет ряд факторов, среди них первостепенное значение имеют объемы инвестиций, в том числе инвестиций в человеческий капитал, которые оказывают огромное влияние на экономическое развитие страны, особенно в сложившейся ситуации в экономике, поскольку человеческий капитал является одним из важнейших факторов экономического роста. Проблема человеческого капитала – одна из наиболее значимых в изменяющемся современном мире. Поступательное движение общества в решающей степени зависит от его уровня и состояния (уровня материального благосостояния людей, отношения к труду, уровня образования и квалификации, общепризнанных в масштабах общества идеалов и ценностей, определяемых ими социальных норм, мотивация трудовой деятельности и социального поведения и т. п.). В статье анализируется взаимосвязь инвестиций государства в человеческий капитал и возможностей поступательного развития экономики, а также зависимость общественного инвестирования в человеческий капитал от сложившейся налоговой системы и проводимой налоговой политики.

Summary. Maintaining a stable level of the national economy is a priority objective of socio-economic policy in Russia. It is known that the economic development of the state affected by several factors, among them the paramount levels of investment, including investment in human capital, which have a huge impact on the country's economic development, especially in the current situation in the economy, because human capital is one of the most important factors of economic growth. The problem of human capital - one of the most important in a changing world today. Translational motion of society crucially depends on his level and state (level of material well-being, attitude to work, education and qualifications are recognized in the scale of society's ideals and values, they define social norms, work motivation and social behavior, and the like). The article examines the relationship of the state investment in human capital and progressive economic development opportunities, as well as depending on the public investment in human capital from the existing tax system and tax policy pursued.

Ключевые слова: человеческий капитал, воспроизводство рабочей силы, производительность труда, устойчивое развитие, налоговая система.

Keywords: human capital, the reproduction of the labor force, labor productivity, sustainable development, the tax system.

Поддержание стабильного уровня национальной экономики является приоритетной целью социально-экономической политики России. Известно, что на развитие экономики государства влияет ряд факторов, среди них первостепенное значение имеют объемы инвестиций, в том числе инвестиций

в человеческий капитал, которые оказывают огромное влияние на экономическое развитие страны, особенно в сложившейся ситуации в экономике, поскольку человеческий капитал является одним из важнейших факторов экономического роста.

© Филимонова Е.Г., Ленковец О.М., 2014

Проблема человеческого капитала – одна из наиболее значимых в изменяющемся современном мире. Поступательное движение общества в решающей степени зависит от его уровня и состояния (уровня материального благосостояния людей, отношения к труду, уровня образования и квалификации, общепризнанных в масштабах общества идеалов и ценностей, определяемых ими социальных норм, мотивация трудовой деятельности и социального поведения и т. п.).

От состояния человеческого капитала зависит конкурентоспособность отдельных личностей, социальных групп и стран в глобализирующемся мире. В развитых странах создаются условия повышения уровня человеческого капитала посредством самосовершенствования, самоорганизации. Эффективность человеческого капитала зависит, в том числе, и от мобильности рабочей силы. Человеческий капитал должен иметь возможность быстро ориентироваться и реагировать на трансформации в глобальной экономике и направлять свою деятельность в ту сферу экономики, где производительность выше. Мобильность рабочей силы подразумевает как профессиональную, так и географическую мобильность, которую должны обеспечивать различные институты.

Первые идеи о человеческом капитале встречаются у таких великих ученых-экономистов как У. Пети, А. Смит, А. Маршалл и в работах многих других ученых. Однако дальнейшее развитие и оформление теории человеческого капитала произошло в 50-60-х годах 20 века, которое принадлежит американскому экономисту Нобелевскому лауреату Т. Шульцу и его последователю Г. Беккеру (также лауреат Нобелевской премии).

В отечественной экономической литературе также встречаются труды экономистов, которых волновала данная проблема. Большой вклад в разработку проблемы человеческого капитала в 20-30-ых годах прошлого века внесли российские ученые-экономисты такие как, Вознесенский Н.А., Леонтьев В.В., Струмилин С. Г. и др.

Согласно теории Т. Шульца, человеческий капитал (от англ. Human Capital) – это накопленные в стране затраты на воспроизводство рабочей силы независимо от источника покрытия (семейные бюджеты, текущие издержки производства, государственные расходы на социальные нужды и т. д.) [1]

В 1990 г. ООН вводит понятие «человеческое развитие» и ИРЧП (индекс разви-

тия человеческого потенциала (Human Development Index (HDI)). Критерием разделения стран на группы с различным уровнем человеческого развития служит величина ИРЧП. Оценка качества жизни с использованием ИРЧП строится на минимальном наборе базовых показателей, каждый из которых количественно представляет одно из основных направлений человеческого развития: долголетие, образованность и доход на душу населения. Все страны мира разделяют на четыре уровня: страны с очень высоким уровнем ИРЧП; страны с высоким уровнем ИРЧП; страны со средним уровнем ИРЧП; страны с низким уровнем ИРЧП. В 2010 году методика расчетов была обновлена – в индексе развития человеческого потенциала учитывается теперь не только продолжительность жизни, но и ожидаемая продолжительность жизни при рождении. Также учитывается не только уровень образования, но и длительность обучения и др.

В отчете ООН за 2012/2013г. Россия находится в группе стран с высоким уровнем развития человеческого потенциала (ИРЧП = 0,816, до изменения методики расчетов) [2] и занимает 55 место из 186 стран (смотри таблицу 1). Место, занимаемое Россией среди других стран, таких как Бахрейн (48 место), Белоруссия (50 место), Черногория (52 место) и Республика Палау (островное государство) (54 место) и другие, является не самым привлекательным в указанном рейтинге. Значение индекса, отражающее качество жизни, уменьшилось до 0,788 после внесения новых показателей в методику расчета, что связано с сокращением не только уровня образования, но и продолжительности жизни.

Рост ИРЧП в России происходил до 2010 года за счет повышения ВНД на душу населения. Однако, что позволяет существующий уровень доходов? Если раньше, в советский период, наибольший объем социальных благ (жилье, образование, медицинские услуги) не входил в реальную зарплату и предоставлялся помимо сферы товарно-денежного обращения, то в современных условиях цена рабочей силы должна соответствовать ее стоимости, включающей всю совокупность необходимых социальных благ, а заниженная цена рабочей силы вынуждает наемных работников предлагать свой труд ниже стоимости. Такое положение работающего человека мешает развитию самого работника, а также препятствует развитию экономики России, так как замедляется процесс общественного воспроизводства.

Средняя зарплата российского работника по разным подсчетам не превышает 20 % от указанной величины стоимости рабочей силы [3].

К. Маркс в своем труде «Капитал» отмечает, что чем больше рабочему нравится его работа, тем выше у него производительность труда [4]. На данный момент работающего человека в России никак не стимулируют к повышению производительности труда ни морально, ни материально. Кроме того К. Маркс в своих сочинениях пишет, о том, что если рабочая сила начинает работать сверхурочно (а в

России это явление наблюдается повсеместно), пытаясь заработать недостающую сумму для нормального существования, то это приводит к ухудшению здоровья, качества труда, снижается желание приносить творческие идеи в производственный процесс [4], что ухудшает производительность труда, а, следовательно, инновации и конкурентоспособность производства становятся неразрешимым вопросом, не говоря уже об устойчивом развитии экономики страны, которое отодвигается на неопределенный промежуток времени.

Т а б л и ц а 1

Индекс развития человеческого потенциала 20012/2013г. (HDI)

Рейтинг страны по ИРЧП	Страна	ИРЧП, (величина)	Продолжительность жизни при рождении, (лет)	Средняя продолжительность обучения, (лет)	Ожидаемая продолжительность обучения, (лет)	Валовой Национальный доход (ВНД) на душу населения, (2005 ППС \$)	Занимаемое место по ВНД на душу населения, минус место страны по ИРЧП	Значение ИРЧП, учитывающее только ожидаемую продолжительность жизни и показатели в области образования
страны с очень высоким уровнем ИРЧП								
1	Норвегия	0.955	81.3	12.6	17.5	48,688	4	0.977
2	Австралия	0.938	82.0	12.0	19.6	34,340	15	0.978
3	США	0.937	78.7	13.3	16.8	43,480	6	0.958
...	...	...	...	...	...	...	...	...
21	Финляндия	0.892	80.1	10.3	16.9	32,510	2	0.912
...	...	...	...	...	...	...	...	...
43	Португалия	0.816	79.7	7.7	16.0	19,907	0	0.835
...	...	...	...	...	...	...	...	...
страны с высоким уровнем ИРЧП								
50	Белоруссия	0.793	70.6	11.5	14.7	13,385	11	0.830
...	...	...	...	...	...	...	...	...
55	Россия	0.788	69.1	11.7	14.3	14,461	0	0.816
...	...	...	...	...	...	...	...	...
57	Болгария	0.782	73.6	10.6	14.0	11,474	12	0.826
...	...	...	...	...	...	...	...	...

Источник: Human Development Report 2013. [2]

В странах с развитой рыночной экономикой повышение производительности труда происходит при сокращении рабочего времени, также уменьшается и численность работников в связи с внедрением инноваций в процесс производства и повышением квалификации сотрудников. Например, в Норвегии (по данным Financial Times) в пятницу люди не работают, а уезжают отдыхать уже в четверг вечером. При этом средняя заработная плата в производственной сфере выше на 40%, чем в Германии, почти вдвое выше, чем в США, Японии, Италии и Великобритании. Возможность меньше работать и больше зарабатывать в тяжелом холодном климате Норвегии появи-

лась после открытия месторождений нефти и создания фонда будущих поколений.

По этому поводу профессор А. В. Золотов пишет: «Повышение благосостояния работников – и результат роста производительности труда, и его предпосылка. Это более очевидно в отношении заработной платы: трудно ожидать ответственного, творческого отношения к труду со стороны работников, придавленных гнетом материальной нужды, и, наоборот, повышение материальной обеспеченности раскрепощает творческий потенциал работников, столь необходимый для инновационной экономики».[5]

«Предложения же об увеличении рабочего времени, озвученные некоторыми представителями крупного бизнеса, противоречат логике развития инновационной экономики и чреваты ударом по системе государственного регулирования»[5], а значит, полемика об увеличении рабочего времени противоречит государственной политике России, направленной на инновационный путь развития и повышения конкурентоспособности. При улучшении качества жизни у человека должна появляться возможность распоряжаться своим свободным временем для отдыха и развития. Рабочее время должно уменьшаться, а свободное увеличиваться и служить основой для всестороннего развития работающего населения, что опять же потребует дополнительных вложений, так как даже саморазвитие требует определенную информационную и инфраструктурную обеспеченность.

Кроме того, необходимо отметить нестабильную демографическую ситуацию и низкую мобильность населения в России, которые снижают эффективность продвижения модели устойчивого инновационного экономического развития. Согласно прогнозам ООН численность населения России снизится до 124,9 млн. чел. к 2025 г [6]. В 1990-2000-ые годы численность населения уменьшалась от 900 тыс. чел. в год, до 600-700 тыс. чел. в год [7]. По размерам убывания населения происходит исчезновение одного небольшого города, но по последним статистическим данным в 2013 году зафиксирован естественный прирост населения, сейчас в России около 143,3 млн. чел.

Таким образом, для нормального воспроизводства работников государству необходимо взять часть инвестиций в человеческий капитал на себя. У государства имеются широкие возможности для прямого и косвенного влияния на воспроизводство человеческого капитала и, если государство направит значимую часть ресурсов страны на инвестиции в человеческий капитал, оно обеспечит себе поступательное развитие.

Для реализации поставленных целей государство может использовать как принудительные, так и побудительные меры в этой области. Инвестиции в человеческий капитал подразумевают вложения, связанные: с образованием человека, что влияет на квалификацию и производительность рабочей силы; со здравоохранением – предупреждение и лечение заболеваний; улучшением жилищных условий, что в свою очередь удлиняет срок

жизни трудоспособного населения, что также влияет на производительность труда; с мобильностью населения, которая позволяет перемещать рабочую силу в те регионы, где она необходима с той или иной квалификацией, и где ее недостаточно, от этого напрямую зависит производительность труда.

Но любые инвестиции для объекта, вступающего в роли инвестора, представляют собой расходы, следовательно, он должен иметь значительные финансовые средства – доходы. Главным бюджетообразующим средством для государства с рыночной экономикой являются налоги, сборы и другие обязательные платежи. Это означает, что в целях реализации инвестирования в человеческий капитал государству необходимо формировать доходную часть бюджета.

Государство, субсидируя образование, здравоохранение, культуру, проводя активную социальную политику за счет собственного бюджета, фактически финансирует создание человеческого капитала нового качества, поскольку от социальной благоустроенности зависит, в том числе, эффективность производства и благосостояние государства. Инвестирование в человеческий капитал дает государству финансовое основание возмещать расходы посредством системы налогообложения. И наоборот. Меры по охране здоровья, сокращению заболеваемости приводят к продлению активной жизни человека; образование повышает уровень и запас знаний человека, тем самым увеличивается объем и качество человеческого капитала, труд становится более производительным, а доход человека – носителя капитала – более высоким, следовательно, увеличивается налогооблагаемая база.

Именно здесь и возникает точка соприкосновения, взаимная зависимость как прямая, так и обратная, между вложениями в человеческий капитал и действующей налоговой системой.

Налоговые инструменты являются наиболее интересными с точки зрения изменения взглядов на роль налогообложения в настоящее время, заключающуюся в том, что наряду с фискальным содержанием налогообложение все более приобретает экономическое и институциональное содержание. Государство превращается в активного участника экономической жизни, строящейся на основе рынка.

Исторический опыт разных стран показал, что среди методов воздействия государства на субъекты экономики наиболее эффек-

тивными являются экономические мероприятия, связанные с использованием государственных финансов. К ним относятся бюджетные (связанные с использованием системы расходов) и налоговые методы.

П. Самуэльсон и В. Нордхауз, отвечая на вопрос «Каким образом правительство воздействует на экономику?», отмечали, что правительства не могут оказывать на экономику длительное воздействие, простыми увещеваниями населения страны больше сберегать, меньше загрязнять окружающую среду, старательней учиться [8]. Напротив, достижение целей государственной политики требует, чтобы правительства увеличивали источники государственных доходов, расходовали средства или принимали регулирующие постановления, касающиеся экономической активности.

Основными инструментами, которыми правительства воздействуют на экономику, являются: налоги, которые сокращают частные расходы и создают взамен возможность осуществления государственных расходов и расходование государственных средств, которое побуждает фирмы или работников производить определенные товары или услуги, а также трансфертные выплаты, обеспечивающие определенный уровень дохода некоторым слоям населения.

В условиях становления рыночной экономики вопросы повышения эффективности налоговой системы имеют особое значение, и в этой связи возрастает роль налогов в поддержке и развитии предпринимательской деятельности, в стимулировании вложения средств в рост и увеличение человеческого капитала, являющихся предпосылками экономического роста и развития страны [9].

При этом необходимо учитывать, что прямое увеличение трансфертных платежей (повышение пенсий, пособий, стипендий и др.) может не привести к пропорциональному росту реальных доходов вследствие обесценивания денег. И в этом случае мультипликативный эффект, вызванный повышением потребительского спроса, будет незначительный. Развитие же производств, создающих высокую добавленную стоимость, позволит не только повысить реальные доходы, но и снизить мононаправленность нашей экономики. Именно инфраструктурные отрасли, такие как транспорт, строительство и другие, обладают наибольшим мультипликативным эффектом, так как они задействованы во всех сферах экономики. Государство, инвестируя в строитель-

ство жилья, например, может повысить уровень конкурентоспособности России и снизить остроту социальных проблем.

Т а б л и ц а 2

Индекс глобальной конкурентоспособности (GCI)
2013-2014 гг.

Страны	GCI 2013-2014		GCI 2012-2013	
	Занимаемое место	Баллы (1-7)	Занимаемое место	Изменение
Швейцария	1	5,67	1	0
Сингапур	2	5,61	2	0
Финляндия	3	5,54	3	0
Германия	4	5,51	6	2
США	5	5,48	7	2
Швеция	6	5,48	4	-2
Гонконг	7	5,47	9	2
Нидерланды	8	5,42	5	-3
...				
Филиппины	59	4,29	65	6
Индия	60	4,28	59	-1
Перу	61	4,25	61	0
Словения	62	4,25	56	-6
Венгрия	63	4,25	60	-3
Российская Федерация	64	4,25	67	3
Шри-Ланка	65	4,22	68	3
Руанда	66	4,21	63	-3
Черногория	67	4,20	72	5
Иордания	68	4,20	64	-4
...				

Источник: The Global Competitiveness Report 2013-2014. [11]

Увеличению инвестиционной активности должны также способствовать создание условий и механизма привлечения инвестиций в приоритетные сферы развития. Семья, дом во все времена были и остаются для человека залогом благополучия и стабильности, важнейшим фактором, определяющим качество жизни. И сегодня, в условиях рыночной экономики, жилье является наиболее показательным индикатором, отражающим динамику развития различных секторов экономики и уверенность населения в своем будущем и будущем своей страны.

Это положение закреплено в ст. 7 Конституции России, где определяется, что: «Россия - социальное государство, политика которого направлена на создание условий, обеспечивающих достойную жизнь и свободное развитие человека. ... и далее ... охраняются труд и здоровье людей...» [10].

Между тем, с сожалением приходится констатировать, что в настоящее время доступ к бесплатному, социальному жилью обеспечен только льготным категориям населения, причём, после долгого стояния в очереди и путем выдачи жилищных сертификатов. Остальным гражданам, имеющим право на улучшение своих жилищных условий, согласно социальным нормам, государство сегодня предлагает субсидии от 30 до 50 % стоимости жилья. А «неочередники» могут приобрести готовые квартиры со 100 % - ной оплатой или оплатить строительство жилья на долевых началах с рассрочкой платежа лишь на период строительства.

В этих условиях государство должно направить максимум усилий на поддержку всевозможных механизмов, стимулирующих приток инвестиций в недвижимость, таких механизмов и, в первую очередь, налоговых, которые одним семьям позволяют решить жилищную проблему, а другим - защитить сбережения от инфляции, вложив деньги в недвижимость. Существующие в настоящий момент имущественные и социальные налоговые вычеты не обеспечивают стимулирующего эффекта ни в здравоохранении, и в образовании, ни в процессах инвестирования в жилищное строительство.

Развитие человеческого капитала, способствуя повышению конкурентоспособности страны на мировом рынке, ведет к устойчивому экономическому росту. Согласно международной статистике, конкурентоспособность РФ в последние годы ограничена, так индекс глобальной конкурентоспособности (от англ. The Global Competitiveness Index (GCI)), рассчитанный экспертами Всемирного экономи-

ческого форума (от англ. World Economic Forum), показывает небольшой рост конкурентоспособности российской экономики (см. таблицу 2). Ее 64 место является не очень престижным, хотя по сравнению с прошлым годом Россия переместилась в международном рейтинге с 67 места на 64 из 148 стран.

На индекс глобальной конкурентоспособности (GCI) влияет много факторов и при его расчете представители Всемирного экономического форума основываются на статистических данных всех сфер экономики страны, оценивается уровень здоровья, образования, занятости, конкуренция фирм, инновационный потенциал и другие показатели.

Для повышения конкурентоспособности России на мировом рынке правительством ставятся задачи перехода на инновационный путь устойчивого развития. Именно конкурентоспособность и инновации, основанные на высоком уровне человеческого потенциала, позволяют развитым странам добиваться устойчивого экономического роста, к которому стремятся все страны мира.

И конкурентоспособность, и инновационное развитие предполагают не только производство товаров и услуг, соответствующих мировым стандартам, но и обеспечение достойного уровня жизни населению. Поддержание устойчивого экономического роста требует высокой производительности труда. Для этого необходимы высококвалифицированные кадры, что вызывает потребность в инвестициях в человеческий капитал, удовлетворение которой возможно через использование экономических, в том числе и налоговых, инструментов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Shultz T. Investment in Human Capital. London, 1971, pp. 26-28.

2 Организация Объединенных Наций [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.un.org/ru/> (14 января 2014).

3 Human Development Report 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/14/hdr2013_en_complete.pdf (25 января 2014).

4 Маркс К. Капитал. Критика политической экономии. Т. 1. М.: Политиздат, 1983.

5 Золотов А.В. Рост уровня жизни рабочих как условие развития России. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.rpw.ru/ipd/zol-11.html> (19 января 2014).

6 Золотов А.В., Глушич Н.Г., Удалова Н.А. Государственное регулирование рабочего времени как фактор прогресса инновационной экономики // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. №5(2). С. 87-90

7 Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/# (14 января 2014).

8 Самуэльсон П. А., Нордхаус В. Д. Экономика. Учебное пособие: Пер. с англ. 16-е изд. М.- СПб.- Киев - Вильямс, 2000.

9 Филимонова Е.Г. Вопросы государственного регулирования экономики посредством налоговой политики // Известия Государственного Педагогического Университета им. А.И.Герцена. 2008. №2 С.316-320

10 Конституция Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.constitution.ru>.

11 The Global Competitiveness Report 2013–2014 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2013-14.pdf (20 января 2014).

REFERENCES

1 Shultz T. Investment in Human Capital. London, 1971, pp. 26-28.

2 Organizatsiia ob'edinennykh natsii [United Nations]. Available at: <http://www.un.org/ru/> (Accessed 23 January 2014). (In Russ.).

3 Human Development Report 2013. Available at: http://hdr.undp.org/sites/default/files/reports/14/hdr2013_en_complete.pdf (Accessed 25 January 2014).

4 Marks K. Kapital. Kritika politicheskoi ekonomii. [Capital. Critique of Political Economy]. Moscow, Politizdat, 1983. (In Russ.).

5 Zolotov A.V. Rost urovnia zhizni rabochikh kak uslovie razvitiia Rossii [Rising standard of liv-

ing of workers as a condition for Russia's development]. Available at: <http://www.rpw.ru/ipd/zol-11.html> (Accessed 19 January 2014). (In Russ.).

6 Zolotov A.V., Glushich N.G., Udalova N.A. State regulation of working time as a factor in the progress of the innovation economy. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo*. [Bulletin of the Nizhny Novgorod University. N.I. Lobachevsky], 2011, no. 5(2), pp. 87-90. (In Russ.).

7 Federal'naia sluzhba gosudarstvennoi statistiki [Federal State Statistics Service]. Available at: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/# (Accessed 14 January 2014). (In Russ.).

8 Samuelson P.A., Nordhaus V.D. Economy. Textbook. Williams, 2000.

9 Filimonova E.G. Issues of state regulation of the economy through tax policy. *Izvestiia Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta im. A.I. Gertsena*. [Proceedings of the State Pedagogical University. A.I. Gertsen], 2008, no. 2, pp. 316-320 (In Russ.).

10 Konstitutsiia Rossiiskoi Federatsii [Constitution of the Russian Federation]. Available at: <http://www.constitution.ru> (In Russ.).

11 The Global Competitiveness Report 2013–2014. Available at: http://www3.weforum.org/docs/WEF_GlobalCompetitivenessReport_2013-14.pdf (Accessed 20 January 2014).

УДК 65.0 (075.8)

Профессор Н.А. Серебрякова,

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра теории экономики, товароведения и торговли
тел. (473) 255-63-47

E-mail: nad.serebryakova@mail.ru

доцент Э.С. Колесникова,

(Воронежский институт кооперации (филиал) БУКЭП) кафедра товароведно-технологических дисциплин, маркетинга и менеджмента
тел. (473) 264-10-83

аспирант Энрик Сейдинай

(Воронежский государственный университет) кафедра финансов и кредита
тел. (473) 234 11 56

Professor N.A. Serebriakova,

(Voronezh state university of engineering technology) Department of theory, economics, commodity research and trad. phone (473) 255-63-47

E-mail: nad.serebryakova@mail.ru

associate Professor E.S. Kolesnikova,

(Voronezh cooperation Institute (branch) BUCAP) Department of merchandising and technological disciplines, marketing and management. phone (473) 264-10-83

graduate Enric Sejdini

(Voronezh state university) Department of finance and credit. phone (473) 234 11 56.

Моделирование основных параметров экономической устойчивости (на примере ОАО «Богучармолоко»)

Modeling of the basic parameters of economic stability (by the example of JSC “Bogucharovo”)

Реферат. В статье изложено авторское видение процесса управления экономической устойчивостью предприятия при помощи моделирования основных параметров его деятельности и обоснованна актуальность выбранной темы исследования. Проанализированы теоретические и методологические основы экономической устойчивости предприятия в соответствии с российскими условиями развития рыночной экономики, а также разработаны практические рекомендации по моделированию основных параметров экономической устойчивости организации. В настоящее время управление экономической устойчивостью – один из важнейших факторов функционирования и развития предприятий в условиях мирового финансового кризиса. Актуальность этого направления непрерывно возрастает в соответствии с усложнением хозяйственных связей, условиями меняющейся внешней среды. Комплексный подход к разработке наиболее приемлемых вариантов механизма управления экономической устойчивостью с учетом опыта развитых стран, специфики отрасли, факторов воздействия внешней среды может стать основой разработки общей долгосрочной стратегии экономического развития предприятия. Проблемы экономической устойчивости предприятий вызваны тем, что обычно осуществляемые в изменяющихся условиях оперативные меры позволяют на короткое время удерживать состояние предприятия стабильным, но не меняют ситуации кардинально. Таким образом, они связаны, с одной стороны, с недостаточным видением перспектив развития предприятия, с другой – с узостью применяемого подхода к диагностированию существующего положения и прогнозированию изменения внешних факторов.

Summary. The article describes the author's vision of the process of management of economic stability of the enterprise by means of simulation of the main parameters of its activity and justified the relevance of the theme of the study. Studied theoretical and methodical bases of economic stability of the enterprise in accordance with the Russian development of a market economy, as well as practical recommendations on modeling of the main parameters of the economic sustainability of the organization. Currently, management of economic stability is one of the most important factors of functioning and development of the enterprises in conditions of the global financial crisis. The relevance of this trend is increasing in line with the increasing complexity of economic ties, changing external environment. A comprehensive approach to the development of the most appropriate variants of the mechanism of management of economic sustainability taking into account the experience of developed countries, industry and sector of factors of external environment can become the basis for developing a common long-term economic development strategy of the enterprise. Problems of economic stability of enterprises caused by the fact that normally carried out in a changing environment operational measures allow for a short time to keep the state of the enterprise is stable, but not change the situation radically. That is, they are associated, on the one hand, with a lack of vision of development of the enterprises, with another - the narrowness of the approach applied to the diagnosis of the existing situation and forecasting of changes in external factors.

Ключевые слова: экономическая устойчивость, моделирование основных параметров, величина запаса финансовой прочности, переменные и постоянные затраты.

Key words: economic sustainability, modeling the basic parameters of stock of financial strength, variable and fixed costs.

© Серебрякова Н.А., Колесникова Э.С.,
Энрик Сейдинай, 2014

С целью повышения эффективности хозяйственной деятельности организации в рыночных условиях необходимо совершенствовать управление экономической устойчивостью. При этом следует выявить факторы, оказывающие влияние на величину запаса финансовой прочности организации при условии их варьирования. Использование предлагаемой динамической модели дает возможность прогнозировать различные ситуации, выявлять наилучшие и наихудшие варианты, что позволяет организации избежать убытков и получить максимально возможную прибыль.

Под моделью в данном случае нами понимается условный образ объекта (системы) управления, охарактеризованный Черновым В.А. как «... комплекс элементов, взаимосвязанных определенным образом и отражающих функционирование и развитие данного объекта (системы)» [4].

К исследованию механизма устойчивого развития можно и нужно методологически подходить с разных точек зрения. С точки зрения статистики, т.е. в условиях статического состояния следует искать закономерные связи между его элементами, считая, что они обнаруживают известную устойчивость, никогда не находясь в статическом состоянии. С другой стороны, для выяснения изменений уровней экономических элементов развития к нему следует подходить с динамической точки зрения. Такому изучению устойчивости развития помогает метод моделирования, когда сначала строится модель, и на ней последовательно рассматриваются все основные положения динамической теории развития экономической системы. Согласно этой теории, моделью устойчивого развития является динамическая модель состояния равновесия в субъективном времени объекта (время становления и развития).

Динамическое моделирование предполагает решение следующих задач:

- 1 Определение области использования модели.
- 2 Изучение возможности ее применения.
3. Выстраивание логики модели, устранение логических неувязок и случайных ошибок.
- 4 Испытание и оценку модели.
5. Составление документации по использованию моделей и результатов моделирования устойчивого развития.

В модели максимизации запаса финансовой прочности (ЗФП) необходима разработка эффективных управленческих решений на осно-

ве учета влияния соответствующих факторов, под которыми понимается совокупность параметров решения, обеспечивающих реальность его осуществления и удовлетворяющих условию повышения экономической устойчивости.

Мы предполагаем, что всякое управленческое решение по своей природе является прогнозным. Вся совокупность методов прогнозирования в зависимости от степени их однородности может быть представлена двумя группами [9]:

- простые методы;
- комплексные методы.

Кроме того, все методы прогнозирования разделяются еще на три класса:

- фактографические методы;
- экспертные методы;
- комбинированные методы.

В основу этой классификации положен характер информации, на базе которой составляется прогноз:

1) фактографические методы базируются на фактическом информационном материале о прошлом и настоящем развитии объекта прогнозирования;

2) экспертные (интуитивные) методы основаны на использовании знаний специалистов-экспертов об объекте прогнозирования и обобщении их мнений о развитии (поведении) объекта в будущем;

3) комбинированные методы включают методы со смешанной информационной основой, в которых в качестве первичной информации наряду с экспертной используется и фактографическая.

В свою очередь, каждый из перечисленных классов также подразделяется на группы и подгруппы.

Из рассмотренной классификации существующих методов прогнозирования можно выделить фактографические, которые чаще всего применяются при поисковом прогнозировании для эволюционных процессов.

С целью определения запаса финансовой прочности используется определенная модель, которая определяется на определенную дату исследуемого периода в целях минимизации погрешности в расчетах.

В используемой нами модели показатель «Количество продаж» принимается постоянной величиной при изменении других факторов, однако при необходимости его варьирование можно заложить в модель, в зависимости от поставленных целей анализа.

Используемая нами модель предполагает влияние 4-х факторов, причем при изменении значения одного фактора, чтобы проследить его количественное воздействие на запас финансовой прочности, величина других факторов предполагается неизменной.

Задается диапазон изменения факторов в процентах, причем верхняя и нижняя граница его устанавливается логически, исходя из выводов проведенных исследований данной промышленности в теоретическом и практическом аспекте.

Основные этапы формирования модели:

1. Выявление факторов, влияющих на величину запаса финансовой прочности и ее расчет на примере ОАО «Богучармолоко» (таблицы 1 и 2).

Т а б л и ц а 1

Факторы, влияющие на величину запаса финансовой прочности

Факторы	Значения факторов	Условные обозначения
Цена реализации, р.	187300	x^1
Количество продаж, т	271	x^2
Переменные затраты, тыс. р.	42129	x^3
Постоянные затраты, тыс. р.	4101	x^4

Запас финансовой прочности определяется как разность между выручкой от реализации и выручкой в точке безубыточности, следовательно, сделав ряд преобразований, можно найти влияние факторов x^1 , x^2 , x^3 , x^4 в совокупности на запас финансовой прочности и отдельно каждого из них:

$$x^5 = x^1 * x^2 / 1000 \quad (1)$$

$$x^6 = x^5 - x^3 \quad (2)$$

$$x^7 = x^6 - x^4 \quad (3)$$

$$x^8 = \frac{x_6}{x_5} \quad (4)$$

$$x^9 = \frac{x_4}{x_8} \quad (5)$$

$$x^{10} = x^5 - x \quad (6)$$

$$x^{11} = \frac{x_{10}}{x_5} \quad (7)$$

Т а б л и ц а 2

Расчет величины запаса финансовой прочности

Показатели	Значение показателя	Условное обозначение
Выручка от реализации, тыс. р.	50758,3	x^5
Валовая маржа, тыс. р.	8629,3	x^6
Прибыль, тыс. р.	4528,3	x^7
Коэффициент валовой маржи	17%	x^8
Точка безубыточности, тыс. р.	24123,5	x^9
Запас финансовой прочности, тыс. р.	26634,8	x^{10}
Запас финансовой прочности, %	52,47%	x^{11}

2. Определение диапазона и интервала изменения факторов. Для обеспечения полноценности проводимого эксперимента в качестве интервала изменения рекомендуется использовать диапазон варьирования от -9 % до +9 % и шаг 3 %,

Матрицы факторного эксперимента формируются для установления аналитической связи между базисными показателями организации (изменение фактора 0,0 %) и с учетом интервала варьирования каждого фактора. Результаты расчетов сведены в таблице 3 – 5.

Из данных таблицы 3 видно, что при увеличении цены реализации на 3 % величина запаса финансовой прочности повышается с 52,4 % до 59,6 % или на 7,2 процентных пункта, что характеризует положительное влияние фактора. Одновременно снижение цены реализации на 3 % сократит величину запаса финансовой прочности на 10,2 %.

В таблице 4 выполнены расчеты запаса финансовой прочности при семи вариантах суммы переменных затрат.

В таблице 5 выполнены расчеты запаса финансовой прочности при семи вариантах величины постоянных затрат. Из данных таблицы 5 видно, что следствием роста переменных затрат на 3 % станет снижение финансовой прочности с 52,5 % до 44,3 %, а при увеличении на 9 % еще больше уменьшится величина запаса финансовой прочности (с 52,5 % до 15,2 %).

Влияние изменения цены реализации на величину запаса финансовой прочности

Факторы	-9%	-6%	-3%	0%	3%	6%	9%
1	2	3	4	5	6	7	8
Цена реализации	170443	176062	181681	187300	192919	198538	204157
Выручка от реализации	46190,1	47712,8	49235,6	50758,3	52281,0	53803,8	55326,5
Валовая маржа	4061,1	5583,8	7106,6	8629,3	10152,0	11674,8	13197,5
Прибыль, тыс. р.	-39,9	1482,8	3005,6	4528,3	6051,0	7573,8	9096,5
Коэффициент валовой маржи	8,8	11,7	14,4	17,0	19,4	21,7	23,9
Точка безубыточности	46602,3	35051,3	28479,2	24123,5	21139,2	18898,6	17159,0
Запас финансовой прочности, тыс. р.	-412,2	12661,5	20756,4	26634,8	31141,8	34905,2	38167,5
Запас финансовой прочности, %, цена	-0,9	26,5	42,2	52,4	59,6	64,9	69,0
Отклонение запаса финансовой прочности от базы, %, цена	-98,3	-49,4	-19,6	0,0	13,7	23,9	31,7

Т а б л и ц а 4

Влияние изменения переменных затрат на величину запаса финансовой прочности

Факторы	-9%	-6%	-3%	0%	3%	6%	9%
1	2	3	4	5	6	7	8
Переменные затраты, тыс.р.	38337,4	39601,3	40865,1	42129	43392,9	44656,7	45920,6
Выручка от реализации	50758,3	50758,3	50758,3	50758,3	50758,3	50758,3	50758,3
Валовая маржа	12420,9	11157,0	9893,2	8629,3	7365,4	6101,6	4837,7
Прибыль, тыс.р.	8319,9	7056,0	5792,2	4528,3	3264,4	2000,6	736,7
Коэффициент валовой маржи, %	24,5	22,0	19,5	17,0	14,5	12,0	9,5
Точка безубыточности	16758,8	18657,3	21040,8	24122,4	28261,7	34115,8	43028,8
Запас финансовой прочности, тыс. р.	33999,5	32101,0	29717,5	26635,9	22496,6	16642,5	7729,5
Запас финансовой прочности, %, цена	67,0	63,2	58,5	52,5	44,3	32,8	15,2
Отклонение запаса финансовой прочности от базы, %, цена	27,6	20,4	11,4	0,0	-15,5	-26,0	-53,6

Т а б л и ц а 5

Зависимость запаса финансовой прочности от изменения постоянных затрат

Факторы	-9%	-6%	-3%	0%	3%	6%	9%
1	2	3	4	5	6	7	8
Постоянные затраты, тыс.р.	3731,9	3854,9	3978,0	4101	4224,0	4347,1	4470,1
Выручка от реализации	50758,3	50758,3	50758,3	50758,3	50758,3	50758,3	50758,3
Валовая маржа	8629,3	8629,3	8629,3	8629,3	8629,3	8629,3	8629,3
Прибыль, тыс.р.	4897,4	4774,4	4651,3	4528,3	4405,3	4282,2	4159,2
Коэффициент валовой маржи, %	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0	17,0
Точка безубыточности	21951,4	22675,1	23398,8	24122,4	24846,1	25569,8	26293,5
Запас финансовой прочности, тыс. р.	28806,9	28083,2	27359,5	26635,9	25912,2	25188,5	24464,8
Запас финансовой прочности, %, цена	56,8	55,3	53,9	52,5	51,1	49,6	48,2
Отклонение запаса финансовой прочности от базы, %, цена	7,7	5,5	2,7	0,0	-2,7	-5,5	-7,7

Полученные результаты свидетельствуют о том, что если объем производства и переменные затраты оставить на прежнем уровне, то существенного влияния на запас финансовой прочности это изменение не окажет, т.к. отклонение запаса финансовой прочности от базового не превышает 10 % (рисунок 1).

3. Определение аналитической связи между базисным показателем организации и прочими показателями, характеризующими экономическое состояние организации (рисунок 2).

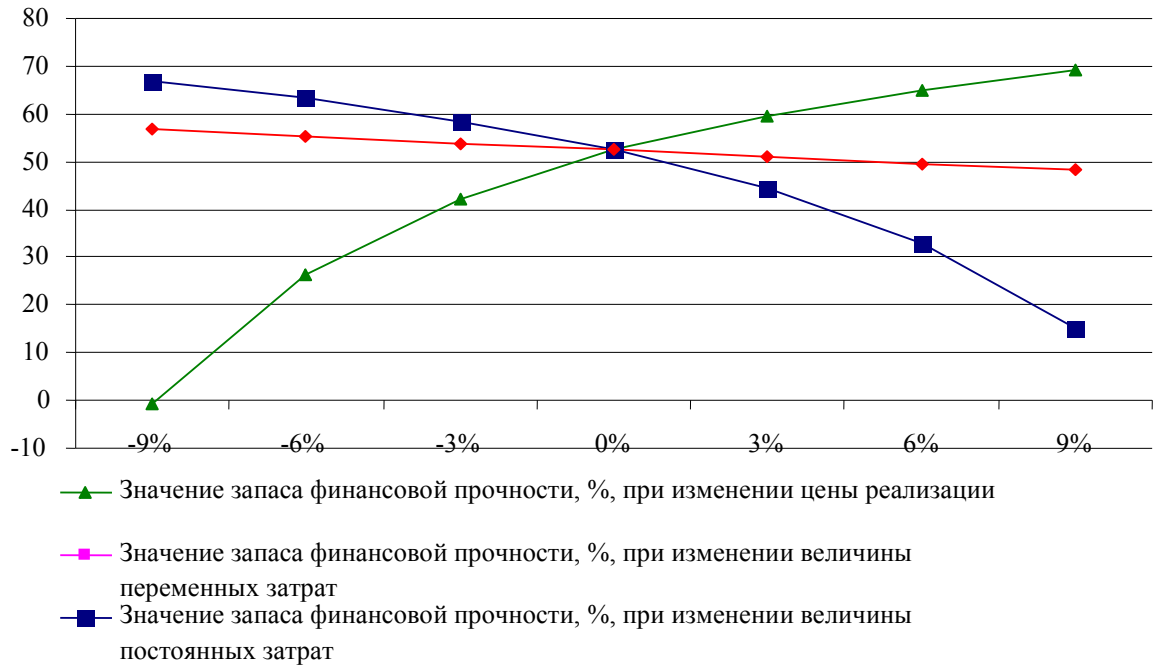


Рисунок 1. Влияние факторов (x^1 , x^2 , x^3) на запас финансовой прочности

На рисунке 2 отражена взаимосвязь факторов, влияющих на запас финансовой прочности, что в целом отражает почти все аспекты финансово-хозяйственной деятельности.

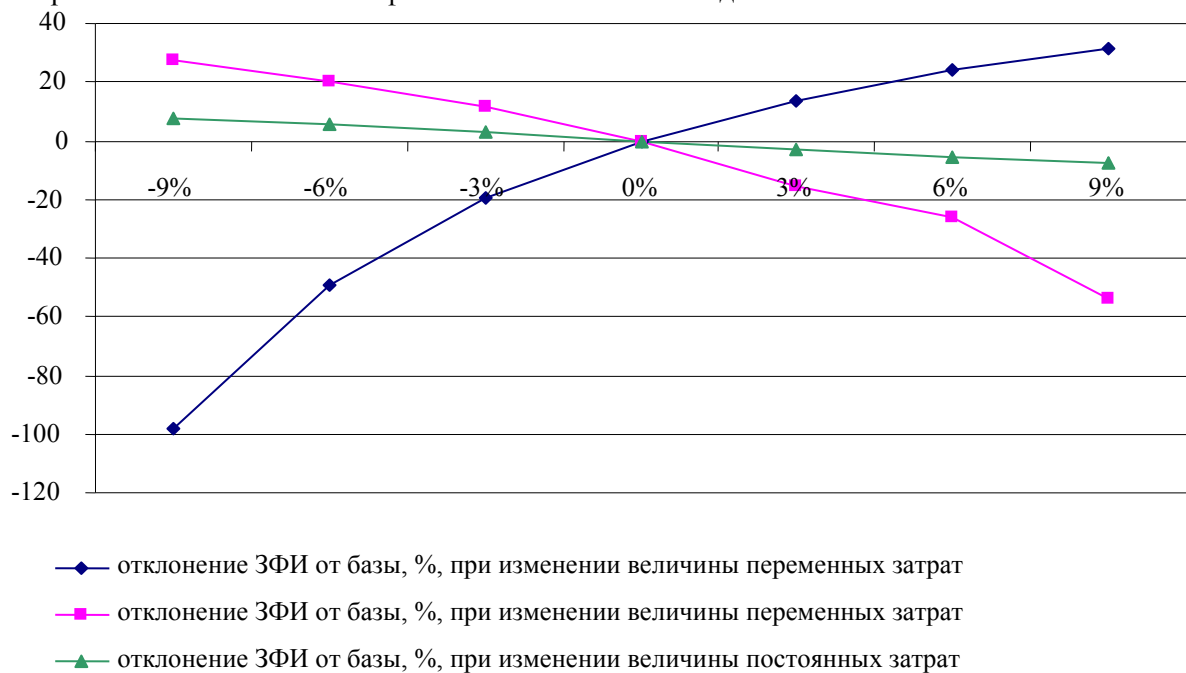


Рисунок 2. Влияние факторов (x^1 , x^2 , x^3) на изменение запаса финансовой прочности

Данная модель на практике позволяет:

- оценить влияние различных факторов на экономическую устойчивость;
- определить границы безубыточности организации при различных рыночных ситуациях;
- установить закономерности изменения экономической устойчивости от различных параметров;

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрютина М.С., Грачев А.В. Анализ финансово-экономической деятельности предприятия: учебно-практическое пособие. М.: Дело и Сервис, 2011. 215 с.
- 2 Бланк В.Р., Бланк С.В., Гараскина А.В. Финансовый анализ. М.: Проспект, 2010. 344 с.
- 3 Грачев А.И. Моделирование финансовой устойчивости предприятия // Финансовый менеджмент. 2012. №5. С. 19-40.
- 4 Ефимова О.В. Финансовый анализ. М.: Бухгалтерский учет, 2012. 528 с.
- 5 Игнатов А.В. Анализ финансового состояния предприятия // Финансовый менеджмент. 2011. №4. С. 32-37.
- 6 Любушина Н.П., Лещева В.Г., Дьякова В.Б. Анализ финансово-экономической деятельности: учебное пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2010. 471 с.
- 7 Новикова М.Л. Пищевые отрасли: задачи развития // Экономист. 2010. №3. С. 87-91.
- 8 Шеремет А.Д. Методика финансового анализа. М.: ИНФРА, 2011. 208 с.

- принимать эффективные решения при выработке стратегии и тактики развития организации в перспективе.

Следовательно, предлагаемая методика позволит предприятию повысить уровень своей экономической устойчивости за счет повышения эффективности и стабильности его функционирования.

REFERENCES

- 1 Abriutina M.S., Grachev A.V. Analiz finansovo-ekonomicheskoi deiatel'nosti predpriiatiia [Analysis of financial and economic activity of the enterprise]. Moscow, Delo i Servis, 2011. 215 p. (In Russ.).
- 2 Blank V.R., Blank S.V., Garaskina A.V. Finansovyi analiz [Financial analysis]. Moscow, Prospekt, 2010. 344 p. (In Russ.).
- 3 Grachev A.I. Modeling of financial stability of enterprise. *Finansovyi menedzhment*. [Financial management], 2012, no. 5, pp. 19-40. (In Russ.).
- 4 Efimova O.V. Finansovyi analiz [Financial analysis]. Moscow, Bukhgalterskii uchet, 2012, 528 pp. (In Russ.).
- 5 Ignatov A.V. Analysis of financial condition of the enterprise. *Finansovyi menedzhment*. [Financial management], 2011, no. 4, pp. 32-37. (In Russ.).
- 6 Liubushina I.E., Leshcheva V.G., Diakova V.B. Analiz finansovo-ekonomicheskoi deiatelnosti [Analysis of financial-economic activities], Moscow, UNITY-DANA, 2010. 471 pp. (In Russ.).
- 7 Novikova M.L. Food industry: problems of development. *Ekonomist*. [Economist], 2010, no. 3, pp. 87-91. (In Russ.).
- 8 Sheremet A.D. Metodika finansovogo analiza [Methods of financial analysis]. Moscow, INFRA-M, 2011. 208 pp. (In Russ.).

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;
- колоннитулы 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 kolichestva 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 zhidkostei 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.