

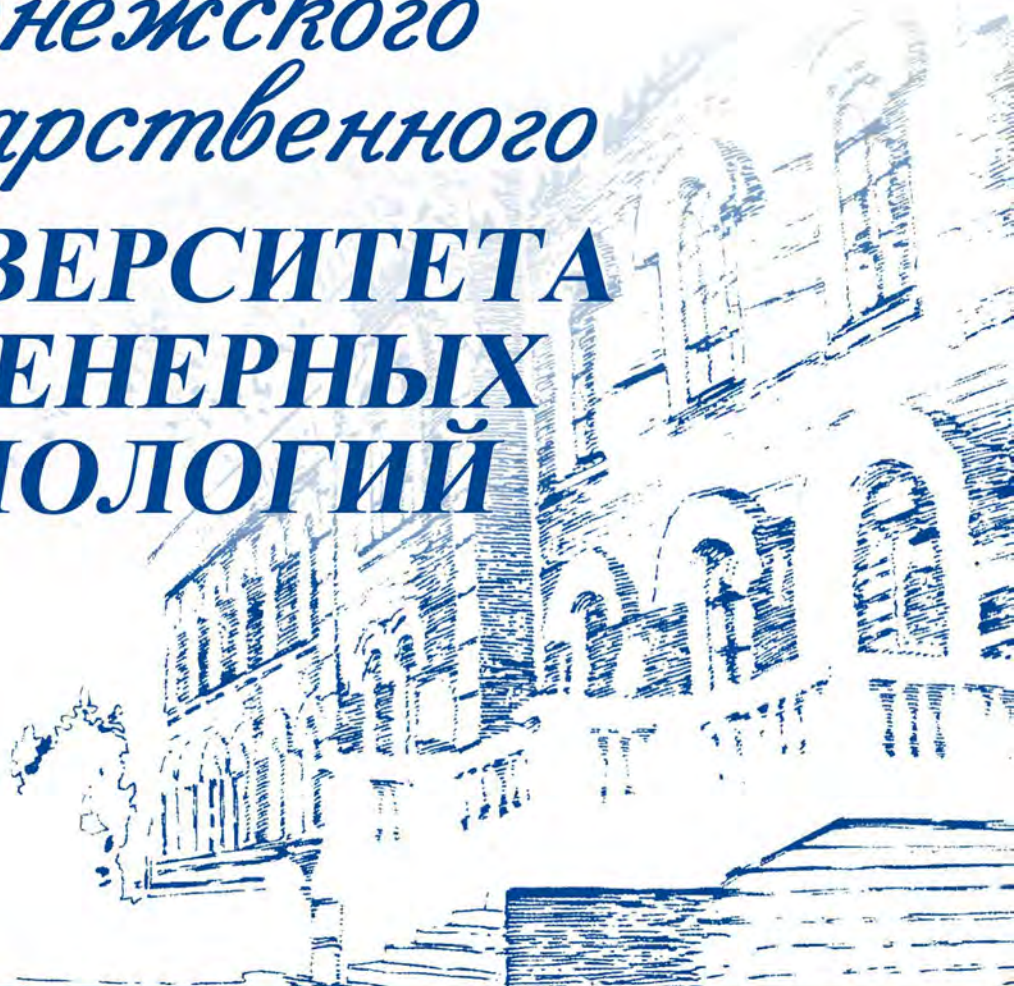
ISSN 2226-910X



Вестник

*Воронежского
государственного*

**УНИВЕРСИТЕТА
ИНЖЕНЕРНЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ**



2015

№

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**

2015, № 2 (64)

НАУЧНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

**Воронеж
2015**

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

Материалы журнала размещаются в БД РИНЦ (www.elibrary.ru/title_about.asp?id=32905),
БД AGRIS [ФАО ООН] (<http://agris.fao.org/>) – выборочно,
ЭБС Лань (www.e.lanbook.com/journal/element.php?pl10_cid=227&pl10_id=2217)

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Председатель (Главный редактор):

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

Заместитель председателя (Зам. главного редактора):

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

Члены редакционного совета:

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

Международный состав:

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

Chairman (Editor-in-chief):

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

Vice-chairman:

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

Members of editorial council:

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

International Editorial Council:

BEZBORODOV V.S. *D. Sc.* (Republic of Belarus)
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)
MEDVEDKOV 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.), ШЕВЦОВ А.А. (зам. гл. ред.), АБРАМОВ О.В., АНТИПОВ С.Т., ВАСИЛЕНКО В.Н., КАЛАШНИКОВ Г.В., КРАВЧЕНКО В.М., КРЕТОВ И.Т., ЛЫТКИНА Л.И., СЛЮСАРЕВ М.И., ШАХОВ С.В., ШИШАЦКИЙ Ю.И.

Информационные технологии, моделирование и управление

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

Пищевая биотехнология

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

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

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

Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов

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

Экономика и управление

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

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

Подписной индекс издания в агентстве "Роспечать" 70927

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

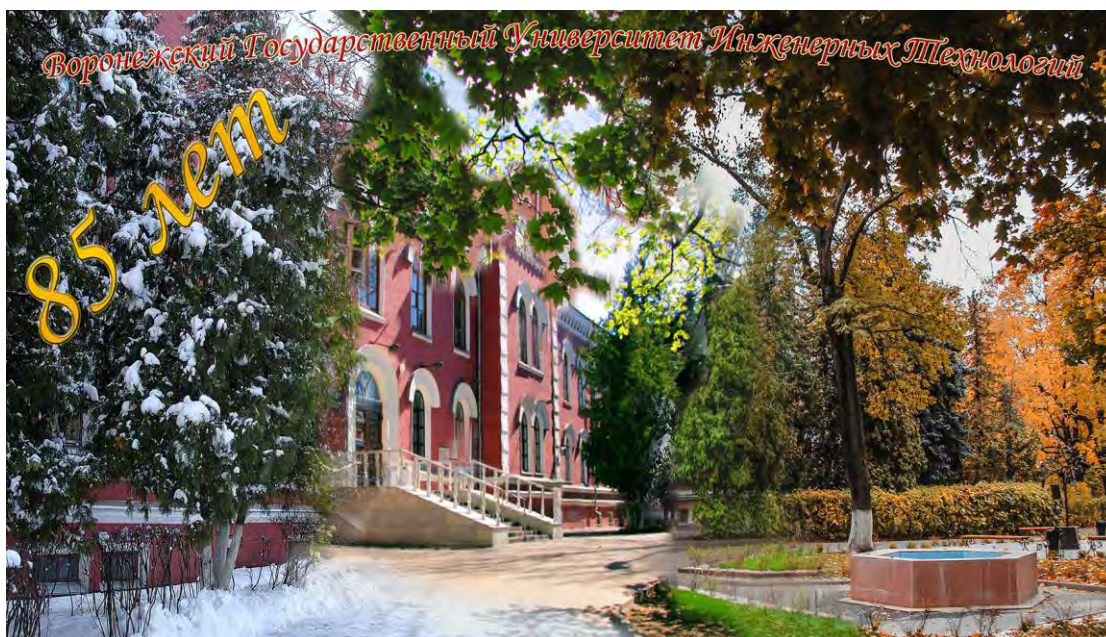
Учредитель: ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет инженерных технологий»

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

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

Сдано в набор 11.05.2015. Подписано в печать 25.05.2015.
Формат 70×100 1/8.
Усл. печ. л. 37 Тираж 1500 экз. Заказ. С. 296 .
Цена – свободная.

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



Инновационный ВУЗ: история и современность

Воронежский государственный университет инженерных технологий – один из крупнейших ВУЗов города Воронежа. В 2015 г ВГУИТ празднует свое 85-летие. Основанный в 1930 году, он прошел долгий и славный путь: от факультета до университета. С той поры минуло 85 лет, можно с уверенностью утверждать, что появление нашего ВУЗа стало по-настоящему историческим событием. В стенах ВГУИТ прошли профессиональную подготовку инженеры и техники, технологи и экономисты. Они прославили ВУЗ, став инженерным ядром на тысячах предприятий России и Зарубежья. ВГУИТ сегодня – это многопрофильный учебно-научный и производственный комплекс, в составе которого пять выпускающих факультетов.

ВУЗ по-прежнему остается уникальным для страны и незаменимым для региона. Начиная с 1930 г., через его аудитории прошло около 50 тыс. студентов. Открытие в Воронеже института пищевой промышленности (первое название университета) перевело Центрально-Черноземный регион на принципиально более высокий уровень развития. Рождение нашего института проходило в трудные 20-30 годы XX века, когда с развитием промышленности появилась потребность в технических кадрах. Подготовка инженерных кадров осуществлялась в Воронеже в Сельскохозяйственном институте, открытом еще в 1913 г. В 1923 г. профессор А.В. Думанский внес предложение о создании на агрономическом факультете СХИ отделения по переработке сельскохозяйственного сырья, которое стало готовить кадры для сахарной, крахмалопаточной, жировой, кожевенной и бродильной промышленности. В 1929 г. оно было реорганизовано в технологический факультет, а 23 июля 1930 г. в соответствии с постановлением ЦИК и СНК СССР был открыт на базе этого факультета институт пищевой промышленности, переименованный в 1931 г. в Химико-технологический институт пищевой промышленности. В 30-е годы силами самого института были построены главный и технологический корпуса, общежития и электростанция.

Вероломное нападение фашистской Германии изменило жизнь института. Он переехал в Бийск Алтайского края, где разместился в поселке сахарного завода. Многие студенты и преподаватели ушли на фронт, перебазирование института привело к потерям, но в 1943 г. в Бийске состоялся первый выпуск – 106 инженеров. После эвакуации в 1944 г. ВХТИ временно разместился на территории Рамонского сахарного завода, был осуществлен прием на первый курс. Однако заниматься в разрушенных и частично восстановленных корпусах в Воронеже институту было затруднительно, поэтому по постановлению правительства от 8 ноября 1945 г. первые два курса в августе 1947 г. переехали в Ленинград, а институт переименовали в Ленинградский технологический институт пищевой промышленности – ЛТИПП.

Институт был возвращен из Ленинграда в Воронеж решением правительства в 1959 г., но уже с названием Воронежский технологический институт, в связи с перемещением ближе к базам практик и профильному производству. За годы работы в Воронеже ВТИ вырос в крупный научный и учебный центр. В июне 1994 г. приказом Госкомитета Российской Федерации по высшему образованию «О переименовании высших учебных заведений» Воронежский технологический институт получил новый статус и был переименован в Воронежскую технологическую академию. А в 2011 г. статус ВУЗа вновь изменился, теперь это – университет.

Технологический факультет (ТФ) – самый крупный среди факультетов университета. Его история – это история становления и развития Воронежского технологического института (ныне ВГУИТ). В структуре факультета находятся кафедры: технологии бродильных и сахаристых производств, технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств. Факультет был объединен с факультетом прикладной биотехнологии и включил в себя также кафедры: технологии продуктов животного происхождения, биохимии и биотехнологии, технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, базовую кафедру биоинженерии и биоинформатики. Педагогический коллектив технологического факультета успешно решает задачи подготовки специалистов пищевых производств широкого профиля, владеющих знаниями общенаучных, инженерных и специальных дисциплин и умеющих эффективно применять их в различных отраслях пищевой промышленности. Основная задача факультета – подготовка высококвалифицированных специалистов для пищевой промышленности. С момента его образования было выпущено около 5 тыс. инженеров-технологов. На кафедрах факультета проводятся разработки в области биотехнологии пищевых продуктов, микробиологического синтеза, ферментативного катализа, технологии пищевых продуктов – мясных, рыбных, молочных продуктов, алкогольных, слабоалкогольных и безалкогольных напитков, солода, хлебопекарных дрожжей.

В апреле 1990 г. был выделен как самостоятельный факультет пищевых машин и автоматов (ФПМА). В его структуру вошли кафедры: машин и аппаратов пищевых производств, технической механики, промышленной энергетики, физики, базовая кафедра проектирования технологических машин и комплексов. Одна из перспективных задач коллектива ФПМА – это расширение специализаций по подготовке инженеров-механиков по таким направлениям, как техника и технология мини-заводов, инновационный менеджмент пищевого оборудования, компьютерная диагностика оборудования пищевых производств.

Факультет управления и информатики в технологических системах (ФУИТС) объединяет кафедры информационных и управляющих систем, информационных технологий, моделирования и управления, высшей математики, информационной безопасности, управления качеством и машиностроительные технологии. Студенты изучают принципы построения математических моделей и гибкого автоматизированного управления биохимическими и технологическими процессами, автоматизированных систем управления производством, базирующихся на микропроцессорах, контроллерах.

В структуру факультета экологии и химической технологии (ФЭиХТ) входят кафедры машин и аппаратов химических производств, неорганической химии и химической технологии, физической и аналитической химии, инженерной экологии, химии и химической технологии органических соединений и переработки полимеров, базовая кафедра технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений. За годы своего существования факультет подготовил тысячи специалистов, которые работают директорами и инженерами химических предприятий, выпускающих минеральные удобрения, соли, кислоты, пищевые компоненты, синтетические спирты, сырье для производства пластмасс и химических волокон, катализаторы и сорбенты; руководителями структурных подразделений НИИ, преподавателями вузов.

Факультет экономики и управления (ФЭиУ) объединяет кафедры: управления, организации производства и отраслевой экономики, сервиса и ресторанного бизнеса, бухгалтерского учета и бюджетирования, туризма и гостиничного дела, теории экономики, товароведения и торговли, экономической безопасности и финансового мониторинга. Кроме основных специальностей студенты имеют возможность получить дополнительную специализацию по ряду направлений: ресторанный бизнес, банковское дело, инновационный менеджмент, деловое администрирование, финансы и кредит и др. На факультете работает экстернат по ускоренной экономической подготовке специалистов.

В структуре ВГУИТ особое место занимает факультет гуманитарного образования и воспитания, образованный с целью приобретения студентами научных знаний о человеке, обществе, истории и цивилизации, формирования навыков ответственного гражданского поведения, обеспечения духовного развития личности. Эти задачи факультет осуществляет при помощи профессорско-

преподавательского состава кафедр философии, истории и политологии, иностранных языков, физвоспитания, музея истории вуза, общественных организаций.

В университете функционирует факультет безотрывного образования, который ведет подготовку студентов по 20 профилям механического, технологического, экономического направлений, а также специалистов по социально-культурному сервису и туризму, по информационным системам.

История факультета среднего профессионального образования (ФСПО) начинается с 1936 г. За годы существования факультет подготовил около 15 тыс. специалистов для различных отраслей народного хозяйства.

Факультет довузовской подготовки является административным и учебным подразделением ВГУИТ, ведущим подготовку учащихся средних школ и учебных заведений без отрыва от основной учебы для поступления в ВУЗ на все факультеты и профили подготовки и координирует профориентационную работу основных факультетов.

Университет осуществляет подготовку специалистов с высшим образованием по 5 специальностям, бакалавров – по 26 программам, магистров – по 21 профилю подготовки.

Студентам предлагается возможность получить второе высшее образование по образовательным программам углубленного изучения экономических дисциплин, иностранного языка, компьютерных и информационных технологий.

В ВГУИТ работают народный театр, политический и краеведческий клубы, функционирует спортивный клуб «Технолог», танцевальная и вокальная студии, медиа-группа, проводятся студенческие смотры и конкурсы. В летнее время работает спортивно-оздоровительная база «Сосновый бор», расположенная на реке Битюг в экологически чистой зоне Воронежской области, ежегодно предоставляются бесплатные путевки на отдых в пансионатах Крыма и Краснодарского края.

Все специальности, получаемые в ВГУИТ, связаны с производством продукции, ежедневно необходимой человеку, наиболее перспективны в плане востребованности и престижности специалисты пищевой и химической промышленности. У студентов-выпускников университета, несмотря на экономический кризис, высоки шансы трудоустройства. Для обеспечения конкурентоспособности выпускников, приближения образовательных услуг к потребителям и работодателям ведется большая работа по созданию базовых кафедр совместно с крупнейшими предприятиями и компаниями СИБУР-Холдинг, Минудобрения, фабрикой «Славянка», компанией «Проимпекс», предприятиями агропромышленного комплекса Липецкой области.

В 2011 г. ВГУИТ выступил инициатором создания технологической платформы «Технологии пищевой промышленности и сельского хозяйства», которая, по замыслу авторов, должна стать формой реализации частно-государственного партнерства, способом мобилизации возможностей государства, бизнеса и научного сообщества и инструментом формирования научно-технической и инновационной политики в целях поддержания технологической модернизации российской экономики в части решения проблем продовольственной безопасности, здорового питания населения и рационального природопользования. К участию в создании технологической платформы привлечены Министерства экономического развития, сельского хозяйства, образования и науки РФ, правительство и торгово-промышленная палата Воронежской области. ТП сегодня объединяет более 150 крупных ведущих аграрно-пищевых и химических предприятий и агрохолдингов, представляющих все секторы АПК, ВУЗов и предприятий. Официальная регистрация технологической платформы в качестве юридического лица – Некоммерческое партнерство «Технологическая платформа «Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания» – была завершена 18 декабря 2012 года. В 2014 году координатор Технологической платформы – ВГУИТ – был назван Лучшим инновационным ВУЗом Воронежской области.

85-летие университета – это исторический путь, пройденный не одним поколением большого коллектива профессоров, преподавателей, студентов, аспирантов, сотрудников ВГУИТ. Юбилей – это ступеньки нашей памяти, которые содержат смысл и значение прошедшего, деяние тех, кто своим трудом укреплял связь с новым временем, с новыми поколениями.

С.Т. Антипов, д.т.н., проректор по НиИД,
Г.А. Быковская, д.и.н.,
А.А. Дерканосова, к.т.н.

CONTENTS

PROCESSES AND APPARATUSES OF FOOD ENGINEERING

Ostrikov A.N., Gorbatova A.V. Investigation of the kinetics of the mixing process at variable spreads heat supply

Shevtsov S.A. Thermal power loss compensation in the pro-duction of cooked and dried grains with heat pumps using

Ivanov P.P., Khalturin M.A. Frozen ash berries processing in the device with a nozzle continuous vibration, equipped with an ex-ternal recirculation loop

Frolova L.N., Vasilenko V.N., Dragan I.V., Mikhailova N.A. The study of patterns of pre-extrusion preparation oil cultures to the pressing process

Shumanova M.V., Fatykhov Yu.A., Shumanov V.A. Results of experimental and theoretical investigations of the herring salting

Pal'chikov A.N., Aksenova O.I. Technical means for obtaining intermediate products of the casing and toppings for extruded food products

Pokhol'chenko V.A., Ershov A.M., Ershov M.A. Peculiarities of generalization of similar phenom-ena in the process of fish heat treatment

Podgornyi S.A., Koshevoi E.P., Kosachev V.S. Modelling the processes of hygrothermal mechanics in rice drying

INFORMATIONTECHNOLOGIES, MODELLINGANDCONTROL

Bitjukov V.K., Zhatova I.A., Alekseev M.V., Popov A.P. The mathematical model development of the ethylbenzene dehydrogenation process kinetics in a two-stage adiabatic continuous reactor

Abramov G.V., Korobova L.A., Ivashin A.L., Matytsina I.A. The analysis and use of mathematical methods for the detection of sound signals

Khvostov A.A., Rebrikov D.I., Merzlikin V.E. Identification of the mass distributions of the milk fat phase using universal Pearson distributions

Khvostov A.A., Sklyarevskii D.V., Nikitchenko A.A. Methods of assessing the degree of destruction of rubber products using computer vision algorithms

Mitsel A.A., Cherniaeva N.V. The dynamic model for control of student's learning individual trajectory

Blagoveshchenskaya M.M., Karelina E.B., Klekho D.Yu. Introduction SCADA-system trace mode in the manufacturing processes based on the bulk storage of flour

Belokurova E.V., Derkanosova A.A., Zmeev A.A. Methods for assessing security threats confidential information for the information and telecommunications systems

FOOD BIOTECHNOLOGY

Antipova L.V., Dvoryaninova O.P., Cherkesov A.Z. Biochemical mechanism of autolytic processes of muscular tissue of fishes

СОДЕРЖАНИЕ

ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Остриков А.Н., Горбатова А.В. Исследование кинетики процесса перемешивания спредов при переменном теплоподводе

Шевцов С.А. Компенсация теплоэнергетических потерь в производстве варено-сушеных круп с использованием теплового насоса

Иванов П.П., Халтурин М.А. Переработка замороженных плодов рябины красной в аппарате с вибрационной насадкой непрерывного действия, оснащенный внешним контуром рециркуляции

Фролова Л.Н., Василенко В.Н., Драган И.В., Михайлова Н.А. Изучение закономерностей предварительной экструзионной подготовки масличных культур к процессу прессования

Шуманова М.В., Фатыхов Ю.А., Шуманов В.А. Результаты экспериментальных и теоретических исследований процесса посола сельди

Пальчиков А.Н., Аксенова О.И. Технические средства для получения полуфабрикатов корпуса и начинки для экструдированных пищевых продуктов

Похольченко В.А., Ершов А.М., Ершов М.А. Особенности обобщения подобных явлений в процессах тепловой обработки рыбы

Подгорный С.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С. Моделирование процессов термовлагомеханики при сушке риса

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ

Битюков В.К., Жатова И.А., Алексеев М.В., Попов А.П. Разработка математической модели кинетики процесса дегидрирования этилбензола в двухступенчатом адиабатическом реакторе непрерывного действия

Абрамов Г.В., Коробова Л.А., Иващин А.Л., Матышина И.А. Анализ и использование математических методов для распознавания звуковых сигналов

Хвостов А.А., Ребrikov Д.И., Мерзликun В.Е. Идентификация массовых распределений жировой фазы в молоке с помощью универсальных распределений Пирсона

Хвостов А.А., Складьевский Д.В., Никитченко А.А. Методика оценки степени разрушения резинотехнических изделий с использованием алгоритмов машинного зрения

Мицель А.А., Черняева Н.В. Динамическая модель управления индивидуальной траекторией обучения студента

Благовещенская М.М., Карелина Е.Б., Клехо Д.Ю. Внедрение SCADA-системы trace mode в производственные процессы на примере бестарного хранения муки

Белокурова Е.В., Дерканосова А.А., Змеев А.А., Сидельников А.П. Способы оценки угроз безопасности конфиденциальной информации для информационно-телекоммуникационных систем

ПИЩЕВАЯ БИОТЕХНОЛОГИЯ

Антипова Л.В., Дворянинова О.П., Черкесов А.З. Биохимический механизм автолитических процессов мышечной ткани рыб

Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Bandura V.F. Cottage cheese products functionality
Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Naidenkina T.A., Zygalo E.I. Cottage cheese products with ingredients of plant origin

Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Bandura V.F. Studying the properties of quark products with components of plant origin

Vasilenko V.N., Frolova L.N., Dragan I.V., Mikhailova N.A. Critical quality parameters vegetable feed for ostriches (*Struthio camelus domesticus*) on an artificial pasture in TcChR

Rodionova N.S., Sokolova O.A., Kuchmenko T.A., Umarchanov R.U. Heat treatment influence on the aroma formation of wheat germs flour

Magomedov G.O., Lukina S.I., Sadygova M.K., Vavilova A.A. The influence of recipe components on quality parameters of aerated dough and wholegrain bread from chickpea seeds

Sergienko I.V., Kutsova A.E., Kutsov S.V. Innovative technological solutions in creating functional products power

Don T.A., Mirgorodskaya A.G., Gnuchikh E.V. Process control storage smokeless tobacco (snus)

Belokurova E.V., Kurova M.A., Kuznetsova M.A. Black chokeberry – prescription component for bakery products

Volchenko V.I., Grokhovskii V.A., Glazunov Yu.T., Klimenko A.I. Obtaining the Polar cod protein isolate and its us-ing for mayonnaise and meat- and fish frankfurters manufacturing

FUNDAMENTAL AND APPLIED CHEMISTRY, CHEMICAL TECHNOLOGY

Tikhomirov S.G., Pyatakov Yu.V., Karmanova O.V., Molchanov V.I. The numerical algorithm for calculating temperature fields of the pneumatic tires during vulcanization
Shuba A.A., Nikulina A.V., Glushenkova V.V., Shvenk E.A. The features of toxicants detection in natural waters with high salts content using piezoelectric quartz crystal microbalance

Savvin P.N., Ignatova K.S., Lomakina A.E. Anthocyanins aliphatic alcohols extraction features

Agafonov G.V., Torshin A.V., Perelygin V.M. The effects of alcohol purification from impurities in depuration column
Dvoryaninova O.P., Sokolov A.V., Bobreshova M.V., Kuchmenko T.A. The touch analysis in an assessment of quality of mayonnaise sauces with addition of a caviar dzhus

Zhelinskaya N.V., Kleimenova N.L., Igumenova T.I. Development of a method statistical analysis accuracy and process stability production of epoxy resin ED-20

Rudyka E.A., Baturina E.V., Zhrebtsova A.M. The solution of environmental problems in the manufacture of instant tea
Nikulina S.S., Provotorova M.A., Nikulina N.S. Used in the manufacture of emulsion rubber waste of sugar manufacture – molasses

Kuchmenko T.A., Gritsenko A.S., Aristov P.I. Development of a computer laboratory work on atomic force microscopy of bioobjects

98 Голубева Л.В., Долматова О.И., Бандура В.Ф. Творожные продукты функционального назначения

103 Голубева Л.В., Долматова О.И., Найденкина Т.А., Зыгалова Е.И. Творожные продукты с компонентами растительного происхождения

108 Голубева Л.В., Долматова О.И., Бандура В.Ф. Изучение свойств творожного продукта с компонентами растительного происхождения

112 Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Драган И.В., Михайлова Н.А. Критические параметры качества растительных кормов для страусов (*Struthio camelus domesticus*) на искусственном пастбище в ЦЧР

117 Родионова Н.С., Соколова О.А., Кучменко Т.А., Умарханов Р.У. Влияние термической обработки на формирование аромата муки зародышей пшеницы

122 Магомедов Г.О., Лукина С.И., Садыгова М.К., Вавилова А.А. Влияние рецептурных компонентов на показатели качества сбивного теста и хлеба из муки цельнозерновых семян нута

126 Сергиенко И.В., Куцова А.Е. Куцов С.В. Инновационно-технологические решения в создании функциональных продуктов питания

130 Дон Т.А., Миргородская А.Г., Гнучих Е.В. Управление процессами хранения некурильной табачной продукции (снюс)

135 Белокурова Е.В., Курова М.А., Кузнецова М.А. Рябина черноплодная – рецептурный компонент для булочных изделий

139 Волченко В.И., Гроховский В.А., Глазунов Ю.Т., Клименко А.И. Получение изолята из полярной тресочки (сайки) и использование его для изготовления майонеза и мясорыбных сосисок

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ, ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

158 Тихомиров С.Г., Пятаков Ю.В., Карманова О.В., Молчанов В.И. Численный алгоритм расчета температурных полей пневматических шин в процессе вулканизации

165 Шуба А.А., Никулина А.В., Глушенкова В.В., Швенк Е.А. Особенности определения токсикантов в природных водах повышенной солености методом пьезокварцевого микровзвешивания

171 Саввин П.Н., Игнатова К.С., Ломакина А.Э. Особенности выделения антоцианов спиртами алифатического ряда

175 Агафонов Г.В., Торшин А.В., Перелыгин В.М. Эффекты очистки спирта от примесей в элюционных колоннах

181 Дворянинова О.П., Соколов А.В., Бобрешова М.В., Кучменко Т.А. Сенсорный анализ в оценке качества майонезных соусов с добавлением икорного джуса

187 Желнинская Н.В., Клейменова Н.Л., Игуменова Т.И. Разработка методики статистического анализа точности и стабильности процесса производства эпоксидной смолы ЭД-20

191 Рудыка Е.А., Батурина Е.В., Жеребцова А.М. Решение экологических проблем при производстве растворимого чая

195 Никулин С.С., Провоторова М.А., Никулина Н.С. Применение в производстве эмульсионных каучуков отхода сахарного производства - мелассы

199 Кучменко Т.А., Гриценко А.С., Аристов П.И. Разработка компьютерной лабораторной работы по атомно-силовой микроскопии биообъектов

BIOTECHNOLOGY, BIONANOTECHNOLOGY AND SUGAR PRODUCTS TECHNOLOGY

- Lazarev S.I., Golovashin V.L., Polyanskii K.K., Maltseva O.Yu.** An estimate of the detention in the process of reverse osmosis separation biological solutions biochemical industries
- Shleikin A.G., Danilov N.P., Argimbaeva A.E., Rykov S.V.** Yoghurt structure modification with amaranth extract and transglutaminase addition
- Dubtsova G.N., Dedova I.A., Kusova I.U., Bystrov D.I.** Natural antioxidants in production "Brushwood"
- Mannapova A.Sh., Kanarskaya Z.A., Kanarskii A.V., Shuvaeva G.P.** Enzyme resistance of genetically modified starch potatoes
- Novikova Yu.S., Anokhina E.P., Korneeva O.S.** Selection the source of fucoidan and optimization of its enzymatic hydrolysis

ECONOMICS AND MANAGEMENT

- Bogomolova I.P., Stukalo O.G., Ustyugova I.E.** Economic-mathematical model for evaluating the effectiveness of the integration units
- Serebryakova N.A., Ulchenko T.Yu., Pankova N.M.** Risk management on macro- and microlevels
- Anisimov Yu.P., Zhuravlev Yu.V., Kuskova I.V.** The role of the innovation potential in the management system of economic security of enterprises
- Mistrov L.E., Pavlov V.A., Derkanosova A.A.** Method of justification of methods of application of complexes of technical means of information support of conflict interaction of organizational and technical systems
- Kiseleva O.N.** The features of the management innovations on the domestic enterprises
- Sotnikova L.N., Tkacheva M.V.** The banking system of the Russian Federation: status and prospects
- Gusev I.S.** Managing sustainable development of meat processing plants as part of the mechanism of strategic planning
- Loskutov S.A.** The main factors, criteria and principles of resource management in today's
- Krolivetskii E.N., Aksyutik E.A.** Increasing the level of information management activities of economic entities, of the service sector
- Gromov V.V.** Technological elements of the system of strategic planning as tools for providing the economic development of the services sphere

БИОТЕХНОЛОГИЯ, БИОНАНОТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ САХАРИСТЫХ ПРОДУКТОВ

- 204 **Лазарев С.И., Головашин В.Л., Полянский К.К., Мальцева О.Ю.** Исследование коэффициента задержания в процессе обратноосмотического разделения биологических растворов биохимических производств
- 209 **Шлейкин А.Г., Данилов Н.П., Аргымбаева А.Е., Рыков С.В.** Модификация структуры йогурта с помощью амарантового экстракта и трансглутаминазы
- 214 **Дубцова Г.Н., Дедова И.А., Кусова И.У., Быстров Д.И.** Использование природных антиоксидантов при производстве хвороста
- 219 **Маннапова А.Ш., Канарская З.А., Канарский А.В., Шуваева Г.П.** Энзиморезистентность крахмала, амиллопектина и амилозы
- 224 **Новикова Ю.С., Анохина Е.П., Корнеева О.С.** Выбор источника фукоидана и оптимизация его ферментативного гидролиза

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- 229 **Богомолова И.П., Стукало О.Г., Устюгова И.Е.** Экономико-математическая модель оценки эффективности интеграционных формирований
- 237 **Серебрякова Н.А., Ульченко Т.Ю., Панкова Н.М.** Управление рисками на макро- и микроуровнях
- 243 **Анисимов Ю.П., Журавлев Ю.В., Куксова И.В.** Роль инновационного потенциала в системе управления экономической безопасностью предприятий
- 247 **Мистров Л.Е., Павлов В.А., Дерканосова А.А.** Метод обоснования способов применения комплексов технических средств информационного обеспечения конфликтного взаимодействия организационно-технических систем
- 254 **Киселева О.Н.** Особенности организационно-управленческих инноваций на отечественных предприятиях
- 260 **Сотникова Л.Н., Ткачева М.В.** Банковская система РФ: состояние и перспективы развития
- 267 **Гусев И.С.** Управление устойчивым развитием мясоперерабатывающих предприятий в реализации механизма стратегического планирования
- 272 **Лоскутов С.А.** Основные факторы, критерии и принципы ресурсосбережения в условиях современного хозяйствования
- 280 **Кроливецкий Э.Н., Аксюттик Е.А.** Повышение информационного уровня системы управления деятельностью субъектов хозяйствования сферы услуг
- 284 **Громов В.В.** Технологические элементы системы стратегического планирования как инструменты обеспечения экономического развития сферы услуг

УДК 664.3

Профессор А.Н. Остриков, аспирант А.В. Горбатова
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов
химических и пищевых производств. тел. (473) 255-35-54
E-mail: gorbato.nastia@yandex.ru

Professor A.N. Ostrikov, graduate A.V. Gorbato
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technology of fats, pro-
cesses and devices, chemical and food industries. phone. (473) 255-35-54
E-mail: gorbato.nastia@yandex.ru

Исследование кинетики процесса перемешивания спредов при переменном теплопотоке

Investigation of the kinetics of the mixing process at variable spreads heat supply

Реферат. Выполнено исследование кинетики процесса перемешивания сливочно-растительных спредов при переменном теплопотоке. Определено время каждого из периодов перемешивания. При температуре перемешивания 65 °C оптимальный период конвективного смешивания составил 2,5 мин. Продолжительность конвективного смешивания после начала кристаллизации продукта (т.е. при температуре перемешивания от 30-15 °C) составила 5 мин. Второй период при температуре 65 °C составил 2,2 мин. Время диффузионного смешивания в период кристаллизации продукта 9 мин. Весь процесс перемешивания условно был разделен на три температурно-временных периода: 1 – период интенсивного перемешивания; 2 – период охлаждения продукта до температуры кристаллизации; 3 – период кристаллизации продукта. Проведены исследования процесса при разных частотах вращения рабочего органа и были выбраны наиболее оптимальные для получения качественного распределения всех компонентов за минимальное время. В результате получили, что для спреда, изготовленного по предлагаемой рецептуре, оптимальному времени перемешивания соответствует частота вращения мешалки, равная 150 об/мин (в период интенсивного перемешивания), 10 об/мин (в период охлаждения продукта до температуры кристаллизации) и 15 об/мин в период кристаллизации. Определено оптимальное время перемешивания с использованием зависимости безразмерной концентрации ключевого компонента от времени перемешивания. В результате получили оптимальное время процесса для спреда 4,7 мин, при температуре 65 °C. Проведены исследования для определения оптимального времени перемешивания при кристаллизации продукта, оно составило 14 мин. Увеличение времени смешивания необходимо для равномерного распределения компонентов, входящих в состав смеси в малых количествах.

Summary. The investigation of the kinetics of mixing creamy vegetable spreads with a variable heat supply. The time of each of the periods of re-mixing. Stirring at a temperature of 65 °C optimum convective mixing period was 2.5 minutes. Convective mixing duration after the beginning of crystallization of the product (i.e., by stirring at a temperature of 30 ... 15 °C) was 5 minutes. The second period at a temperature of 65 °C was 2.2 min. Mixing diffusion time during 9 minutes to crystallize the product. The entire mixing process was conditionally divided into three temperature-time periods: 1 - a period of intense agitation; 2 - during product cooling to a crystallization temperature; 3 - the product during crystallization. The investigations of the process at different speeds working body were to choose the best, to get good distribution of all components in the minimum time. The result was that the spread manufactured according to the proposed formulation meets the optimal mixing time stirrer speed is 150 rev / min (during intensive stirring), 10 rev / min (during cooling of the product to a crystallization temperature) and 15 rev / min during crystallization. The optimal mixing time using the dependence of the dimensionless concentration of a key component of the mixing time. The result was the optimum time for process spread 4.7 min at 65 °C. Conducted research to determine the optimal mixing time in the crystallization of the product, it was 14 minutes. The increase in the mixing time required for uniform distribution of components in the mixture in small quantities.

Ключевые слова: перемешивание, спред, функциональный продукт, концентрация.

Keywords: mixing, spread, functional product, concentration.

© Остриков А.Н., Горбатова А.В., 2015

Создание продуктов сбалансированного состава является одним из приоритетных направлений развития пищевой отрасли. К ним относятся разработанный нами спред. Для поддержания оптимального состояния здоровья человеку необходима сбалансированность в диете содержания ω -3 и ω -6 полиненасыщенных жирных кислот, что достигнуто в нашем продукте [1, 2].

Перемешивание является одной из основных стадий процесса производства спредов. Качество получаемого продукта и возможность его длительного хранения определяется условиями получения стабильных эмульсий.

Необходимо учитывать, что излишнее механическое воздействие дестабилизирует эмульсии, а также требует дополнительных энергетических затрат. В связи с этим определение продолжительности перемешивания исследуемой смеси до получения однородной массы является актуальной задачей технологии их производства.

Перемешивание в жидких средах широко применяется в различных отраслях промышленности для интенсификации химических, диффузионных и тепловых процессов. Несмотря на широкое его применение, этот процесс еще недостаточно изучен [3, 4].

Значительный вклад в развитие теории и практики перемешивания внесли такие ученые, как Стренк, Брагинский, Васильков, Карпушкин и др. Однако, общим недостатком разработанных ими теорий является отсутствие решения проблемы – достижение высокой интенсивности процесса перемешивания псевдопластичных жидкостей к которым относятся сливочно-растительные спреды функционального назначения.

Целью работы являлось исследование кинетики процесса перемешивания, определение оптимального времени перемешивания.

Изучение процесса перемешивания при переменном теплоподводе осуществлялось при следующих параметрах: температура продукта 15-65 °C; частота вращения мешалки: 1-150 об/мин.

Объектом для исследования был выбран сливочно-растительный спред функционального назначения, жировая фаза которого состоит из сливочного, арахисового, кукурузного и льняного масел. Данный спред имеет сбалансированный жирнокислотный состав по отношению ω -3: ω -6=1:2,87, что рекомендовано для функционального питания [1, 5].

Для того чтобы оценить качество смешивания одной случайной величиной, смесь условно считают двухкомпонентной, обычно выделяют один компонент, называемый ключевым, а все остальные объединяют во второй условный. К ключевому компоненту предъявляют такие требования: сравнительная простота определения его содержания в пробе; небольшое его количество; физические свойства должны отличаться от свойств остальных компонентов. Т.к. все компоненты, входящие в состав спреда, имеют примерно одинаковые физические свойства, было принято решение использовать в качестве ключевого компонента трассер.

Частицы ключевого компонента находятся в продукте во время перемешивания во взвешенном состоянии, они являются легко определяемыми, не растворяются, не теряют цвет и для оценки качества перемешивания необходимо введения небольшого количества.

В качестве критерия оценки качества смешивания была использована безразмерная концентрация N :

$$N = n_{сч} / n_{общ}, \quad (1)$$

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

Отбираемая проба составляла 3 мл, отбиралась в одном и том же месте через равные промежутки времени. Объем продукта 464 мл.

Смесь считается однородной, если $N \rightarrow 1$. И наоборот, чем больше значение N , тем менее однородна смесь. В смесителях периодического действия, процесс смешивания складывается из элементарных процессов:

- перемещение группы смежных частиц из одного места смеси в другое внедрением, скольжением слоев (так называемое конвективное смешивание);
- постепенное перераспределение частиц через свежее образованную границу из раздела (так называемое диффузионное смешивание);
- сосредоточение частиц, имеющих близкую массу и размеры, в соответствующих местах смесителя под действием инерционных, гравитационных сил (сегрегация частиц).

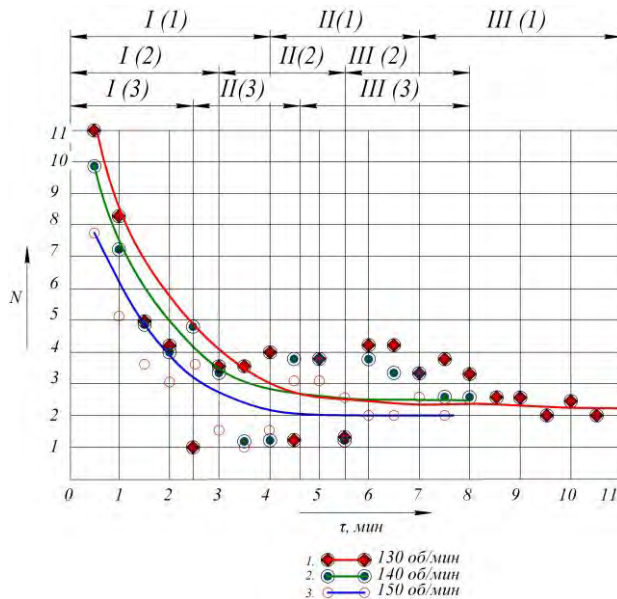
Если первые два процесса способствуют улучшению качества смеси, то последний препятствует этому.

Главное влияние на скорость процесса смешивания в эти моменты времени оказывает характер движения потоков частиц в смесителе, который зависит от конструкции и параметров смесителя.

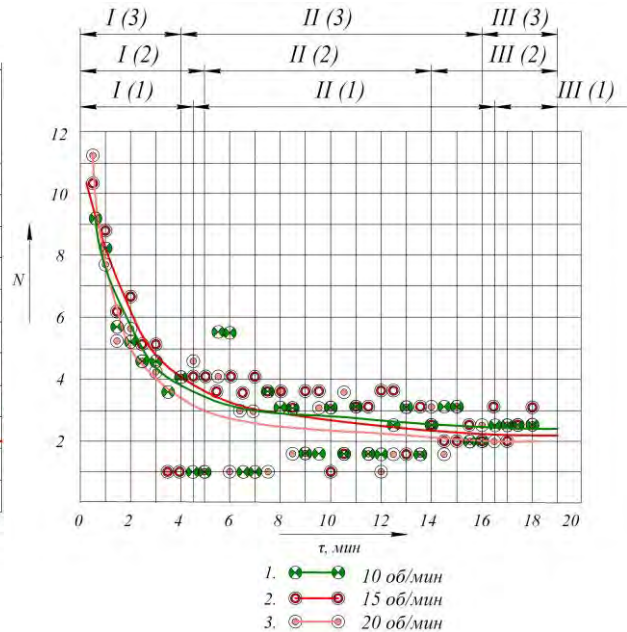
После того как компоненты в основном будут распределены по рабочему объему смесителя, процессы конвективного и диффузионного смешивания становятся по их влиянию на общий процесс смешивания сопоставимы.

В это время процесс перераспределения частиц идет уже на уровне макрообъемов. Начиная с некоторого момента, процесс диффузионного смешивания становится преобладающим (II участок).

Существенное влияние на процесс начинает оказывать сегрегация частиц. В какой-то момент времени эти процессы могут уравниваться, после чего дальнейшее перемешивание теряет смысл, и процесс должен быть закончен (III участок).



а



б

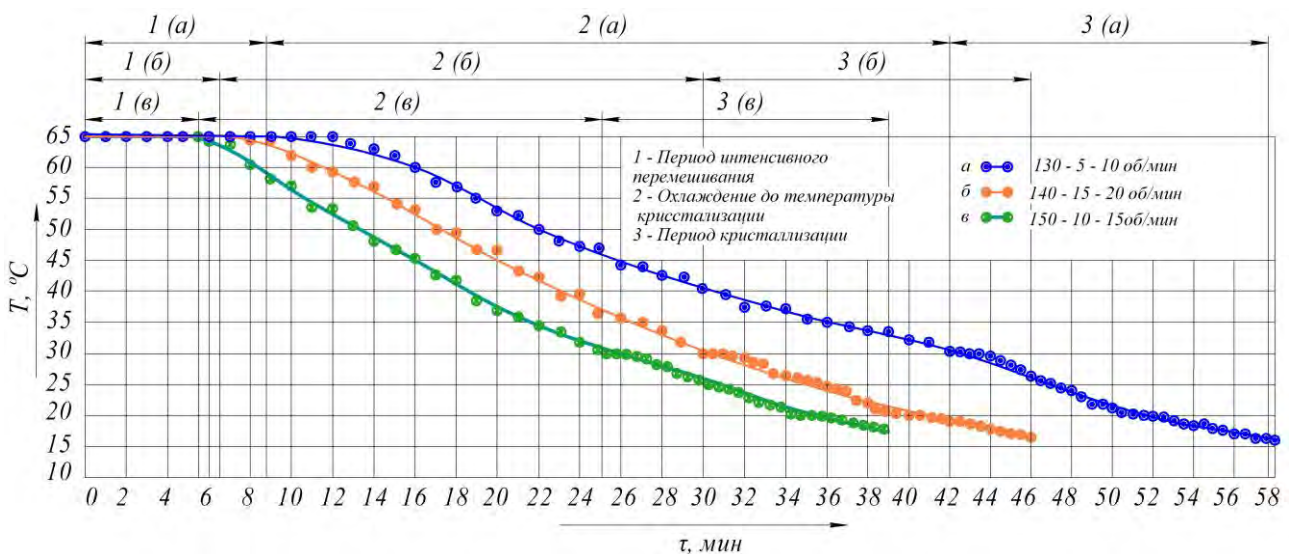


Рисунок 1. Кинетические кривые процесса перемешивания для спреда № 1:

а – изменение концентрации в процессе перемешивания $T = 65^\circ\text{C}$;

б – изменение концентрации в процессе кристаллизации $T = 15 - 30^\circ\text{C}$;

в – изменение температуры продукта в процессе перемешивания.

Анализ экспериментальных зависимостей, безразмерной концентрации от времени перемешивания, полученных при исследовании процесса перемешивания сливочно-растительных спредов показал, что кинетическая кривая процесса перемешивания имеет три характерных участка (рисунок 1), каждый из которых соответствует определенному по времени периоду смешивания.

Время достижения смесью однородности, является оптимальным временем смешивания, так как при дальнейшем смешивании безразмерная концентрация основного компонента не уменьшается.

Весь процесс перемешивания условно был разделен на три температурно-временных периода (рисунок 1, в): 1 – период интенсивного перемешивания; 2 – период охлаждения продукта до температуры кристаллизации; 3 – период кристаллизации продукта.

Для определения оптимальной частоты вращения рабочего органа были проведены исследования на каждом периоде перемешивания, результаты представлены на рисунках 1 а, б.

Было определено, что для спреда, изготовленного по предлагаемой рецептуре оптимальному времени перемешивания соответствует частота вращения мешалки равная 150 об/мин (в период интенсивного перемешивания), 10 об/мин (в период охлаждения продукта до температуры кристаллизации) и 15 об/мин в период кристаллизации.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Остриков А. Н., Горбатова А. В. Анализ химического состава физиологически функционального спреда // *Масложировая промышленность*. 2014. № 2. С. 11 – 13.
- 2 Тихомирова Н. А. Продукты функционального питания // *Молочная промышленность*. 2013. № 6. С. 46-49.
- 3 Maureen L. R. Jozef L. K. Effect of mixer geometry and operating conditions on mixing efficiency of a non-Newtonian fluid in a twin screw mixer // *Journal of Food Engineering*. 2013. Vol. 118. P. 256-265.
- 4 Norton J. E., Fryer P. J. Investigation of changes in formulation and processing parameters on the physical properties of cocoa butter emulsions // *Journal of Food Engineering*. 2012. Vol. 113. P. 329-336.
- 5 Simopoulos A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids // *Biomed. Pharmacother*. 2006. № 56. P. 365-379.

При температуре перемешивания 65 °С оптимальный период конвективного смешивания составил 2,5 мин. Продолжительность конвективного смешивания после начала кристаллизации продукта составила 5 мин. Второй период при температуре 65 °С составил 2,2 мин. Время диффузионного смешивания в период кристаллизации продукта 9 мин.

Продолжительность диффузионного смешивания зависит от физико-механических свойств смеси. Различие в размерах и плотности способствует сегрегации частиц. В связи с этим в период кристаллизации продукта (ввиду изменения агрегатного состояния) продолжительность диффузионного смешивания больше чем при температуре 65 °С.

Анализируя полученные данные (рис. 1 а, б), получаем оптимальное время перемешивания для спреда 4,7 мин. Проведены исследования для определения оптимального времени перемешивания при кристаллизации продукта. Оптимальное время перемешивания (рисунок 1 а, б) при кристаллизации составило 14 мин.

Увеличение времени смешивания необходимо для равномерного распределения компонентов, входящих в состав смеси в малых количествах. Естественно, что компоненты с большей дисперсностью, содержащие в единице объема большее количество частиц, распределяются лучше.

REFERENCES

- 1 Ostrikov A. N., Gorbatova A.V. Analysis of the chemical amounted Islands physiologically functional spread. *Maslozhirovaya promyshlennost'*. [Oilseed Industry], 2014, no 2, pp. 11-13. (In Russ.).
- 2 Tikhomirova N.A. Functional food. *Molochnaya promyshlennost'*. [Dairy industry], 2013, no. 6, pp. 46-49. (In Russ.).
- 3 Maureen L. R. Jozef L. K. Effect of mixer geometry and operating conditions on mixing efficiency of a non-Newtonian fluid in a twin screw mixer. [Journal of Food Engineering], 2013, vol. 118, pp. 256-265.
- 4 Norton J. E., Fryer P. J. Investigation of changes in formulation and processing parameters on the physical properties of cocoa butter emulsions. [Journal of Food Engineering], 2012, vol. 113, pp. 329-336.
- 5 Simopoulos A. P. The importance of the ratio of omega-6/omega-3 essential fatty acids. [Biomed. Pharmacother], 2006, no. 56, pp. 365-379.

УДК 664.87

Старший научный сотрудник С.А. Шевцов
(ФГБУ ВПО «Воронежский институт ГПС МЧС России») тел. (473) 277-86-53
E-mail: shev2807@rambler.ru

Senior researcher S.A. Shevtsov
(Voronezh institute of the SFS of Russia) phone (473) 277-86-53
E-mail: shev2807@rambler.ru

Компенсация теплоэнергетических потерь в производстве варено-сушеных круп с использованием теплового насоса

Thermal power loss compensation in the production of cooked and dried grains with heat pumps using

Реферат. Используя научно-практический опыт и анализ инновационной активности, сложившейся в последнее время по модернизации пищевого концентратного производства, предложен новый вариант энергоэффективной переработки крупяных культур с использованием перегретого пара и непосредственным вовлечением в варочно-сушильный процесс вторичных энергоресурсов с применением парокомпрессионного теплового насоса. Предложен способ производства крупяных концентратов, который реализован с помощью микропроцессорного управления технологическими параметрами. По информации о ходе процессов мойки, варки, сушки и охлаждения крупы микропроцессор обеспечивает управление режимными параметрами при ограничениях, обусловленных как получением варено-сушеной крупы высокого качества, так и экономической целесообразностью. При этом непрерывно определяется количество влаги в контуре рециркуляции, образовавшегося за счет испарения из крупы в процессе сушки. Для реализации предлагаемого способа производства варено-сушеных круп предложено использовать холодильно-компрессорный агрегат, работающий в режиме теплового насоса. В качестве хладагента следует использовать хладон 12B1 CF₂ClBr с температурой кипения в испарителе 4 °С и температурой конденсации 153,7 °С. Подключение теплового насоса в схему теплоснабжения производства варено-сушеных круп вместо электрического пароперегревателя позволит сократить теплоэнергетические затраты в 1,72 раза. Предлагаемый способ производства и управления технологическими параметрами в области допустимых технологических свойств продукта обеспечит высокое качество варено-сушеных круп; повышение тепловой эффективности за счет полного использования теплоты отработанного перегретого пара; снижение удельных энергозатрат на 25-30 %; создание безотходной и экологически чистой технологии крупяного производства.

Summary. Using scientific- and practical experience and analysis of recent innovative activity on modernization of food concentrates production, a new variant of the energy-efficient processing of cereal crops using superheated steam and direct involvement in the cooking and drying process waste energy using the vapor compression heat pump was suggested. A method for production of cereal concentrates, which is realized using microprocessor control of technological parameters. According to the information on the processes of cereals washing, cooking, drying and cooling microprocessor provides regime parameters control under the restrictions due to both yield of cooked and dried cereal of high quality and economic feasibility. At the same time the amount of moisture is continuously determined in the recirculation loop formed by the evaporation from the cereals in the drying process. To implement the proposed method of cooked and dried cereals production it is offered to use refrigeration- and compressor unit operating in a heat pump mode. The refrigerant to be used is khladon 12V1 CF₂ClBr with a boiling point in the evaporator of 4°C and the condensing temperature of 153.7 °C. The use of the heat pump in the heat supply system of cooked and dried cereals production instead of electric heaters will reduce power costs by 1.72 times. The proposed method for the production and control of technological parameters in the field of the product acceptable technological properties will provide high quality cooked and dried cereals; an increase in thermal efficiency by making full use of the waste heat of superheated steam; the reduction of specific energy consumption by 25-30 %; the creation of waste-free and environmentally friendly technologies for cereal production.

Ключевые слова: варка, сушка, процесс, перегретый пар, тепловой насос, управление, энергозатраты.

Keywords: boiling, drying, process, superheated steam, heat pump, control, energy costs.

Современные достижения в теории теплообмена в процессах сушки и тепловой обработке пищевого растительного сырья подготовили условия для научного обеспечения энергоэффективных способов производства пищевых концентратов, обеспечивающих сбалансированное энергопотребление при наименьших

потерях теплоты и электроэнергии. В этой связи поиск решений в создании современного типа пищевого концентратного производства с высокой инновационной составляющей и новым технологическим укладом является актуальной задачей.

Основными технологическими стадиями производства пищевых концентратов являются сушка и влаготепловая обработка пищевого растительного сырья, в которых все чаще в качестве теплоносителя используется перегретый пар [1, 2, 4]. Он обладает существенными преимуществами перед другими теплоносителями, к основным из которых относятся: высокий энергетический КПД тепловых процессов с возможностью максимального использования вторичного тепла; отсутствие в перегретом паре кислорода позволяет значительно повысить температуру тепловой обработки без ущерба качеству готового продукта.

В последнее время при проведении тепломассообменных процессов все более широкое применение находят тепловые насосы. Они позволяют добиться высокого энергетического совершенства оборудования за счет рекуперации, использования и утилизации теплоты отработанных теплоносителей [3].

В тепловом насосе механическая энергия компрессора трансформируется в высокопотенциальную теплоту отработанного теплоносителя в конденсаторе за счет теплоты конденсации хладагента в конденсаторе. Это позволяет существенно уменьшить затраты энергии (до 30 %), а осуществление рациональных режимов тепловой обработки перегретым паром и охлаждения готовой продукции воздухом, охлажденным в испарителе теплового насоса, дают возможность получить продукцию высокого качества.

Также известно, что автоматизация технологических процессов создает значительные возможности экономии энергоресурсов. Однако этот вопрос не в полной мере реализован при управлении теплотехнологическими процессами в перерабатывающих отраслях АПК.

Используя научно-практический опыт [7-9] и анализ инновационной активности по модернизации пищевого концентратного производства, сложившейся в последние годы [1-4], предложен новый вариант энергоэффективной переработки крупяных культур с использованием перегретого пара и непосредственным вовлечением в варочно-сушильный процесс вторичных энергоресурсов с применением парокомпрессионного теплового насоса. При этом реализация предлагаемого способа достигается за счет микропроцессорного управления технологическими параметрами на всех стадиях производства крупяных концентратов (рисунок 1).

Исходная крупа сначала по линии 1.0 подается на мойку в моечную камеру 1 и выводится из неё по линии 1.1 в камеру варки 2; сваренная крупа по линии 1.2 направляется в камеру сушки 3; высушенная крупа по линии 1.3 направляется в камеру охлаждения 4; охлажденная крупа выводится по линии 1.4 в качестве готовой продукции. Информация о ходе процессов мойки, варки, сушки и охлаждения крупы, о подготовке перегретого пара и охлаждающего воздуха с помощью датчиков передается в микропроцессор 18, который регулирует технологические параметры по программно-логическому алгоритму посредством исполнительных механизмов с учетом ограничений, обусловленных получением варено-сушеной крупы высокого качества и экономической целесообразностью.

Фактическое количество моющей воды в замкнутом цикле микропроцессор определяет по уровню воды в теплообменнике-утилизаторе 7 с помощью датчика уровня, при уменьшении уровня воды микропроцессор обеспечивает подачу свежей воды по линии 2.6 в теплообменник-утилизатор 7, создавая необходимый объем моющей воды в замкнутом контуре.

Очистка отработанной из камеры мойки воды осуществляется в двух параллельно установленных и попеременно работающих фильтрах в режиме разделения с отводом фильтрата по линии 2.3 в теплообменник-утилизатор и выводом осадка по линии 5.0 в режиме противоточной регенерации водой, поступающей по линии 2.4 из теплообменника-утилизатора 7. Фильтр, работающий в режиме регенерации, отключается из контура рециркуляции воды, а для восстановления пропускной способности фильтрующих перегородок в него под давлением насосом 16 из теплообменника-утилизатора по линии 2.4 подается вода. Очищенная от взвешенных частиц вода после фильтра, работающего в режиме разделения, по линии 2.3 подается в теплообменник-утилизатор 7. За счет теплоты отработанного насыщенного пара в теплообменнике-утилизаторе 7 вода для мойки крупы в камере 1 нагревается. Заданная температура моющей воды, измеряемой датчиком в линии 2.1, поддерживается путем изменения ее расхода с помощью насоса 15. Сушка крупы осуществляется перегретым паром, подготовленным в конденсаторе 9 парокомпрессионного теплового насоса, установленного в линии рециркуляции перегретого пара 3.0. При этом в качестве пароперегревателя используется конденсатор 9 теплового насоса, в котором посредством рекуперативного теплообмена теплота конденсации хладагента используется для нагрева перегретого пара.



1 – камера мойки; 2 – камера варки; 3 – камера сушки; 4 – камера охлаждения; 5, 6 – фильтры; 7 – теплообменник-утилизатор; 8 – компрессор; 9 – конденсатор; 10 – испаритель; 11 – терморегулирующий вентиль; 12 – циклон; 13, 14 – вентиляторы; 15, 16, 17 – насосы; 18 – микропроцессор;
датчики: *TE* – температуры, *FE* – расхода, *ME* – влажности; *CE* – концентрации; *И* – исполнительные механизмы

Хладагент компрессором 8 сжимается до давления конденсации и по линии 4.0 направляется в конденсатор 9 и теплоту конденсации отдает отработанному после сушки перегретому пару, который, нагреваясь, вен-

Охлаждение крупы в камере охлаждения 4 осуществляется воздухом, охлажденным в испарителе 10 теплового насоса, посредством рекупе-

ративного теплообмена между кипящим хладагентом и воздухом с последующей очисткой воздуха в циклоне 12 и возвратом его по линии рециркуляции 3.2 в испаритель 10.

Температура крупы на выходе из камеры охлаждения 4 в линии 1.4 стабилизируется воздействием на расход воздуха, подаваемого из испарителя теплового насоса в камеру охлаждения вентилятором 13.

По текущей влажности вымытой крупы микропроцессор 18 устанавливает расход исходной крупы в камеру мойки.

По текущим значениям влажности сваренной и высушенной крупы, микропроцессор 18 определяет количество испарившейся из продукта влаги и отводит ее из контура рециркуляции 3.0. По соотношению расходов излишней части перегретого пара и крупы, подаваемой в камеру варки 2, микропроцессор 18 устанавливает расход распыливаемой жидкости в камере 2, подаваемой из теплообменника-рекуператора 7.

При отклонении влажности крупы на выходе из камеры варки 2 от заданного значения, микропроцессор 18 корректирует расход распыливаемой воды в камере варки 2, поддерживая влажность крупы перед сушкой с минимальным отклонением от заданного значения.

В установившихся технологических режимах процессов мойки и варки процесс сушки крупы в камере сушки 3 протекает при постоянных параметрах теплового потока перегретого пара. При этом микропроцессор 18 устанавливает заданные значения температуры и расхода, перегретого пара на входе в камеру сушки 3 необходимым выбором мощности компрессора 8 теплового насоса и мощности регулируемого привода вентилятора 14.

При отклонении текущей влажности крупы в линии 1.3 микропроцессор 18 корректирует тепловой поток перегретого пара воздействием на расход и температуру перегретого пара в контуре рециркуляции 3.0 путем изменения мощности приводов компрессора 8 и вентилятора 14.

Для сравнения предлагаемого способа производства варено-сушеных круп в качестве базового способа рассматривается способ производства варено-сушеных круп на Грязинском пищекомбинате.

При производительности линии производства варено-сушеных круп по исходной овсяной крупе 800 кг/ч потребность в моющей воде составляет 1600 кг/ч.

В замкнутом цикле по моющей воде возможны ее потери: одна часть воды поглощается овсяной крупой, а другая отводится с загрязнениями из камеры мойки, при этом часть воды теряется при регенерации фильтрующих элементов. Общее количество моющей воды в контуре ее рециркуляции регулируется по уровню в теплообменнике-рекуператоре 7.

Информация о фактическом количестве моющей воды поступает в микропроцессор 18, который вырабатывает сигнал отклонения текущего уровня моющей воды от заданного. При этом расход моющей воды, например, 1600 кг/ч, в камеру мойки по линии 2.1 устанавливается в соответствии с технологическим регламентом воздействием на мощность регулируемого привода насоса 15.

За счет утилизации теплоты отработанного насыщенного пара, подаваемой из камеры варки 2 в теплообменник-утилизатор 7 по линии 3.3, моющая вода нагревается до температуры 25-32 °С. Стабилизация температуры моющей воды достигается путем коррекции ее расхода в замкнутом цикле воздействием на мощность регулируемого привода насоса 15.

По информации датчиков о фактическом расходе и температуре моющей воды в линии 2.1 микропроцессор 18 по заложенному в него алгоритму непрерывно определяет тепловой и массовый потоки моющей воды в камеру мойки 1 и из балансовых соотношений в зависимости от количества массы и теплоты моющей воды устанавливает режим подачи исходной овсяной крупы в камеру мойки 1. Начальная влажность овсяной крупы изменяется в пределах 13-14 %.

При отклонении текущей влажности вымытой овсяной крупы от заданного значения 21-25 % микропроцессор 18 регулирует подачу исходной овсяной крупы в камеру мойки 1, что позволяет выполнить условие, при котором текущая влажность овсяной крупы на входе в камеру варки 2 не будет соответствовать заданному значению влажности.

По текущим значениям влажности овсяной крупы после камеры варки 2, например, 43-47 % и после камеры сушки 3, например 10 %, микропроцессор 18 определяет количество излишней части перегретого пара $U_{отвод}$, образовавшегося за счет испарившейся из овсяной крупы влаги в процессе сушки по формуле:

$$U_{отвод} = \frac{G_{np}^{vap} \left[c_{np}^{'} t_m - \frac{100 - w_{\text{в}}}{100 - w_{\text{с}}} c_{np}^{''} t_c \right] + G_{np}^{суш} (i' - i'') - Q_{пот}}{i''}, \quad (1)$$

где $w_{\text{в}}$, $w_{\text{с}}$ — влажность крупы на выходе

из камеры варки и влажность крупы на выходе из камеры сушки, %; G_{np}^{var} – расход крупы на выходе из камеры варки, кг/ч; c_{np}' , c_{np}'' – теплоемкость крупы на выходе из камеры варки и теплоемкость крупы на выходе из камеры сушки, кДж/(кг·К); t_m , t_c – соответственно температура вымытой и высушенной крупы, К; $G_{пар}^{суш}$ – расход перегретого пара на входе в камеру сушки, кг/ч; i', i'' – теплосодержание перегретого пара на входе и выходе из камеры сушки, кДж/кг; $Q_{пот}$ – потери теплоты в окружающую среду, кДж/ч, и отводит ее из контура рециркуляции 3.0 по линии 3.1.

По соотношению расходов излишней части перегретого пара, отводимого из контура рециркуляции в камеру варки 2 по линии 3.1, и расхода овсяной крупы, подаваемой из камеры мойки в камеру варки по линии 1.1, микропроцессор 18 устанавливает расход распыливаемой жидкости, например 0,1 л/кг, подаваемой по линии 2.5 с помощью регулируемого привода насоса 17.

При отклонении текущего значения влажности овсяной крупы на выходе из камеры варки 2 от заданного, микропроцессор 18 корректирует расход распыливаемой жидкости, стабилизируя влажность овсяной крупы на выходе из камеры варки 2 с минимальным отклонением от заданного значения.

Одноступенчатый двухцилиндровый агрегат

Хладагент

Температура кипения в испарителе

Температура конденсации

Холодопроизводительность Q_0 , кВт

Компрессор

Конденсатор воздушный, ребристый м²

Хладон 12B1 CF₂ClBr

- 4 °С,

153,7 °С;

1,28

2ФВ- 4/4,5

4,95

Количество теплоты, затрачиваемое на перегрев пара в пароперегревателе в линии производства варено-сушеных круп на Грязинском пищекомбинате:

$$\begin{aligned} Q_{перегрев} &= \beta G c_{воды} (t_{воды}^k - t_{воды}^n) + \\ &+ Gr + G(i_{пер.пара} - i_{нас.пара}) = \\ &= 0,1 \frac{9000}{3600} \left[4,19 \cdot (100 - 20) + \right. \\ &\quad \left. + 2194 + (2740 - 2679) \right] = \\ &= 647,55 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (2)$$

где β – коэффициент, учитывающий потери пара (тепловые потери, потери на необрати-

В процессе сушки микропроцессор 18 непрерывно устанавливает заданные значения температуры перегретого пара, например, 140 °С, и расхода перегретого пара, например, 9000 м³/ч, необходимым выбором мощности привода компрессора 8 и мощности регулируемого привода вентилятора 14.

По величине рассогласования текущей влажности овсяной крупы на выходе из камеры сушки 3 с заданным значением 9 % микропроцессор 18 воздействует на расход и температуру перегретого пара в контуре рециркуляции 3.0, выводя их на верхнюю или нижнюю границы ограничений, обеспечивая условие равенства текущего значения влажности овсяной крупы с заданным.

Охлаждение крупы в камере охлаждения 4 до температуры 20±0,5 °С осуществляется охлажденным в испарителе 10 теплового насоса посредством рекуперативного теплообмена между кипящим хладагентом и воздухом с последующей очисткой воздуха в циклоне 12 и возвратом по линии рециркуляции 3.2 в испаритель 10.

Для реализации способа управления процессом производства варено-сушеных круп необходимо использовать холодильно-компрессорный агрегат, работающий в режиме теплового насоса, со следующими параметрами:

мость процесса и т. п. $\beta = 10 \% = 0,1$); G – расход пара, м³/ч; $c_{воды}$ – теплоемкость воды, Вт/(м²·К); $t_{воды}^k$, $t_{воды}^n$ – конечная и начальная температура воды, °С; r – теплота парообразования пара, кДж/кг; $i_{пер.пара}$, $i_{нас.пара}$ – энтальпия перегретого и насыщенного пара, кДж/кг.

Количество теплоты, затрачиваемое на перегрев пара в конденсаторе теплового насоса в предлагаемом способе, составит:

$$\begin{aligned} Q_{тепл.насос}^{конд} &= G_{пар} c_{пар} (t_k - t_n) = \\ &= \frac{9000}{3600} \cdot 4,1 \cdot (140 - 123) = 174,25 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (3)$$

Горизонтальный кожухотрубный конденсатор 250 КТГ (с поверхностью теплообмена 250 м²), в котором тепловая нагрузка составляет $Q_{\text{конд}} = 1237,5$ кВт, полностью обеспечит перегрев пара до заданной температуры 140 °С.

Количество теплоты, затрачиваемое на охлаждение воздуха в испарителе теплового насоса, составит:

$$Q_{\text{испар}}^{\text{тепл.насос}} = \rho_v G_v c_v (t_k - t_n) = 1,23 \cdot 9450 \cdot 1,01 \cdot (45 - 20) = 81,53 \text{ кВт} \quad (4)$$

Панельный испаритель ИП-180 (с поверхностью теплообмена 180 м²), в котором тепловая нагрузка составляет $Q_{\text{испар}} = 123,75$ кВт, обеспечит охлаждение воздуха до заданной температуры (20±0,5 °С).

Установленная мощность электродвигателя компрессора $Q_{\text{элдв}} = 120$ кВт, а суммарные затраты энергии составят:

$$Q = Q_{\text{конд}}^{\text{тепл.насос}} + Q_{\text{испар}}^{\text{тепл.насос}} + Q_{\text{элдв}} = 174,25 + 81,53 + 120 = 375,78 \text{ кВт}. \quad (5)$$

Использование теплового насоса в предлагаемом способе производства варёно-сушеных круп вместо электрического

пароперегревателя в линии производства варено-сушеных круп на Грязинском пищекомбинате позволит сократить теплоэнергетические затраты в 1,72 раза:

$$n = \frac{Q_{\text{перегрев}}}{Q_{\text{конд}}^{\text{тепл.насос}}} = \frac{647,55}{375,78} = 1,72. \quad (6)$$

С учетом экономии тепловых затрат на охлаждение воздуха в испарителе эффективность теплового насоса будет еще выше.

Таким образом, предлагаемый способ производства варёно-сушеных круп и алгоритм управления технологическими параметрами позволит:

- повысить тепловую эффективность предлагаемого способа за счет полного использования вторичной теплоты отработанного перегретого пара;
- обеспечить снижение удельных энергозатрат на 25-30 %;
- получить готовый продукт высокого качества за счет охлаждения крупы после сушки её;
- создать безотходную и экологически чистую технологию получения варено-сушеных круп за счет исключения выбросов отработанной моющей воды и пара.

ЛИТЕРАТУРА

1 Остриков А.Н., Калашников Г.В. Состояние и перспективы развития технологического оборудования для влаготепловой обработки круп // Хранение и переработка сельхозсырья. 2002. № 10. С. 57-62.

2 Шевцов С.А., Остриков А.Н. Техника и технология сушки пищевого растительного сырья. Воронеж: ВГУИТ, 2014. 289 с.

3 Бритиков Д.А., Шевцов А.А. Энергосбережение в процессах сушки зерновых культур с использованием теплонасосных технологий. М.: ДеЛи плюс, 2012. 328 с.

4 Калашников Г.В. Анализ эксергетических затрат влаготепловой обработки картофеля, круп и овощей при производстве пище-концентратов // Вестник ВГУИТ. 2006. № 11. С. 51 – 60.

5 Остриков А.Н., Калашников Г.В.. Исследование гидродинамики процесса влаготепловой обработки картофеля и овощей перегретым паром // Вестник ВГУИТ. 2008. № 1. С. 70 – 77.

6 Дранников А. В. Повышение эффективности процесса сушки свекловичного жома перегретым паром. Воронеж: ВГТА, 2010. 172 с.

7 Пат. № 2169490 РФ МПК⁷ A23L 1/01, 1/10, A23N 12/06. Варочно-сушильный аппарат для производства крупяных концентратов / Остриков А.Н., Калашников Г.В., Шевцов С.А.; № 2000100125; Заявл. 05.01.2000; Опубл. 27.06.2001; Бюл. № 18.

8 Пат. № 2181015 РФ МПК⁷ A23L 1/10, G05D 27/00. Способ автоматического управления процессом производства варено-сушеных круп / Остриков А.Н., Глотова Е.В., Шевцов С.А.; № 99126406; Заявл. 15.12.1999; Опубл. 10.04.2002; Бюл. № 10.

9 Пат. № 2182805 РФ, МПК⁷ A23L 1/10. Комбинированная установка для производства варено-сушеных круп / Остриков А.Н., Глотова Е.В., Калашников Г.В., Шевцов С.А.; № 20001057; Заявл. 07.03.2000; Опубл. 27.05.2002; Бюл. № 15.

REFERENCES

1 Ostrikov A. N., Kalashnikov G. V. State and prospects of development of the technological equipment for vegetableoil cereal processing. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural], 2002, no. 10, pp. 57-62. (In Russ.).

2 Shevtsov S.A., Ostrikov A.N. Tekhnika i tehnologiya sushki pishchevogo rastitel'nogo syr'ya [Engineering and technology drying edible raw materials]. Voronezh, VGUIT, 2014. 289 p. (In Russ.).

3 Britikov D.A., Shvetsov A.A. Energoberezhenie v protsessakh sushki zernovykh kul'tur s ispol'zovaniem teplonasosnykh tekhnologii [Energy savings in the drying of grain crops using heat pump technology]. Moscow, Deli plus, 2012. 328 p. (In Russ.).

4 Kalashnikov G.V. Analysis of exergual costs of vegetable oil processing of potatoes, cereals and vegetables in the production of concentrates. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2006, no. 11, pp. 51-60. (In Russ.).

5 Ostrikov A. N., Kalashnikov G. V. Study of the hydrodynamics of the process of ownership of potatoes and vegetables superheated steam. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2008, no. 1, pp. 70-77. (In Russ.).

6 Drannikov A.V. Povyshenie effektivnosti protsessa sushki sveklovichnogo zhoma peregretyim parom [Improving the efficiency of the drying process sugar beet pulp with superheated steam]. Voronezh, VGTA, 2010. 172 p. (In Russ.).

7 Ostrikov A.N., Kalashnikov G.V., Shevtsov S.A. Varochno-sushil'nyi apparat dlya proizvodstva krupyanykh kontsentratov [Cooking and drying apparatus for the production of cereal concentrate-tretow]. Patent RF, no 2169490, 2001. (In Russ.).

8 Ostrikov A.N., Glotova E.C., Shevtsov S.A. Sposob avtomaticheskogo upravleniya protsessom proizvodstva vareno-sushenykh krup [Method for automatic process control for the production of cooked and dried cereals]. Patent RF, no 2181015, 2002.

9 Ostrikov A.N., Glotova E.V., Kalashnikov G.V., Shevtsov S.A. Kombinirovannaya ustanovka dlya proizvodstva vareno-sushenykh krup [Combined installation for the production of boiled-dried cereals]. Patent RF, no 2182805, 2002. (In Russ.).

УДК [66.061.34 : 634.18] : 621.929.7 : 66-945.3

Доцент П.П. Иванов, аспирант М.А. Халтурин

(Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (ун-т)) кафедра машин и аппаратов пищевых производств. тел. (384-2) 39-68-48

E-mail: mapp@kemtipp.ru

Associate Professor P.P. Ivanov, post-graduate M.A. Khalturin

(Kemerovo Institute of Food Science and Technology (university)) Department of machines and equipment of food industries. phone (384-2) 39-68-48

E-mail: mapp@kemtipp.ru

Переработка замороженных плодов рябины красной в аппарате с вибрационной насадкой непрерывного действия, оснащенном внешним контуром рециркуляции

Frozen ash berries processing in the device with a nozzle continuous vibration, equipped with an external recirculation loop

Реферат. В качестве способа повышения концентрации сухих растворимых веществ (СРВ) в получаемом экстракте использован контур внешней рециркуляции. Задача исследований заключается в определении значения коэффициента внешней рециркуляции (K_R), при котором создаются оптимальные условия проведения процесса. Результаты проведенных исследований показывают прирост концентрации СРВ, содержащихся в экстракте, при увеличении коэффициента внешней рециркуляции. Это обусловлено увеличением продолжительности взаимодействия обрабатываемого твердого сырья с экстрагентом, а также уменьшением поверхностного натяжения экстрагента, что способствует улучшению условий его проникновения в поры частиц. Отмечается и противоположное свойство рециркуляции, выражающееся в снижении скорости массоотдачи. Следствием этого является значительный рост потерь СРВ с выгружаемым шротом, приводящий к снижению технико-экономических показателей процесса. Согласно аналитической оценке полученных результатов, максимальные показатели процесса наблюдаются при значениях $K_R = 1$ (без рециркуляции) и $K_R = 2$, которым соответствуют значения критерия оптимальности $5,02 \cdot 10^{-3}$ и $4,92 \cdot 10^{-3}$ % масс/Вт. При этом работа аппарата с рециркуляцией при $K_R = 2$ характеризуется повышением концентрации СРВ в экстракте на 62 % по сравнению с чистым экстрагентом. Эффективность использования рециркуляции при $K_R = 2$ подтверждена экономией энергии, идущей на процесс выпаривания полученного экстракта. Расчет энергетических затрат на процесс получения 60 л экстракта концентрацией СРВ 12 %масс. показал, что при повышении начальной концентрации СРВ в экстракте до 6 %масс. ($K_R = 2$) наблюдается снижение потребляемого количества насыщенного водяного пара на 104,1 кг, что при удельной энтальпии пара 2706,29 кДж/кг составляет 281685 кДж.

Summary. An external recirculation loop was used as the method of increasing the concentration of dry soluble substances in the obtained extract. The objective of the research is to determine the value of the external recirculation index (K_R), which provides the optimal conditions for the process carrying out. The results of the conducted research show the increase in the concentration of dry soluble substances in the extract if the external recirculation index increases. It is conditioned by the extension of the interaction between the processed raw material and the extract, as well as by the decrease in the surface tension of the extracting agent, which results in improving the conditions of its penetration into the pores of particles. Such an opposite property of recirculation as the decrease in mass transfer rate was also observed. It causes the significant rise of dry soluble substances losses while discharging extraction cake, which leads to the performance degradation. According to the analytical evaluation of the obtained results, the maximum process results are observed if $K_R = 1$ (without recirculation) and $K_R = 2$, the values of the optimality criterion are $5,02 \cdot 10^{-3}$ and $4,92 \cdot 10^{-3}$ % mass/W respectively. At the same time the operation of the apparatus with the recirculation loop at $K_R = 2$ is characterized by 62%-increase in dry soluble substances concentration in the extract as compared to a pure extracting agent. The efficiency of recirculation at $K_R = 2$ is proved by the saving of energy consumed on the evaporation of the extract obtained. The energy costs calculation for the production of 60l of 12 % mass dry soluble substances concentration extract showed that if the initial dry soluble substances concentration is raised to 6 % mass ($K_R = 2$), the amount of consumed saturated vapor is 104.1 kg less, which is 281685 kJ if the vapor specific enthalpy is 2706.29 kJ/kg.

Ключевые слова: экстрактор с вибрационной тарелкой, рябина красная, экстракт, контур внешней рециркуляции, коэффициент рециркуляции.

Keywords: a vibration plate extractor, red ash berries, extract, external recirculation loop, recirculation index

Повышение качества производимой продукции при эффективном использовании производственных фондов является одной из актуальных задач современной организации производства. Переход к осуществлению технологических процессов в непрерывном режиме позволяет повысить коэффициент использования оборудования и совместить транспортные и технологические процессы [1].

Например, использование экстрактора с вибрационной насадкой непрерывного действия позволяет достичь непрерывной организации технологического потока путем повышения его класса, а также способствует устранению вспомогательных операций. Преимущества от внедрения в промышленность экстрактора с вибрационной насадкой непрерывного действия заключаются главным образом в решении проблемы масштабного перехода и создании оптимальных условий работы приводных механизмов устройства [1, 2]. Однако существенным недостатком при проведении процесса экстрагирования в экстракторах непрерывного действия является недостаточное извлечение сухих растворимых веществ (СРВ) [3] по сравнению с экстракторами периодического действия [4].

Одним из способов повышения эффективности технологических процессов является применение контура рециркуляции [5, 6], что позволяет максимально использовать сырьевые ресурсы и увеличить время взаимодействия обрабатываемых сред. В случае процесса экстрагирования эффективность рециркуляции будет наблюдаться,

прежде всего, в химическом аспекте [5, 7]. Применение рециркуляции при экстрагировании плодово-ягодного сырья водой позволяет улучшить условия массообмена благодаря использованию в качестве экстрагента полученной жидкой фазы, имеющей меньшее поверхностное натяжение, чем свежий экстрагент [8], что повышает смачиваемость частиц твердой фазы и улучшает условия проникновения экстрагента в поры частиц. Недостатком способа при этом является уменьшение скорости массоотдачи вследствие уменьшения движущей силы процесса экстрагирования, характеризуемой разностью между концентрацией извлекаемого вещества у поверхности твердых частиц и его средней концентрацией в основной массе экстрагента (суспензии).

Эффективность работы экстрактора с вибрационной насадкой непрерывного действия, оснащенного контуром рециркуляции, зависит от соотношения обрабатываемых объемов среды, находящихся в прямой линии и в рецикле, и от скорости потока рециркуляции [9].

Целью настоящих исследований является определение значения коэффициента внешней рециркуляции, при котором будет наблюдаться максимальная эффективность работы аппарата с вибрационной насадкой непрерывного действия, выражающаяся в повышении концентрации СРВ в получаемом экстракте при минимально допустимых потерях СРВ с отработанной твердой фазой.

Исследования проводились на экспериментальной установке, представленной на рисунке 1.

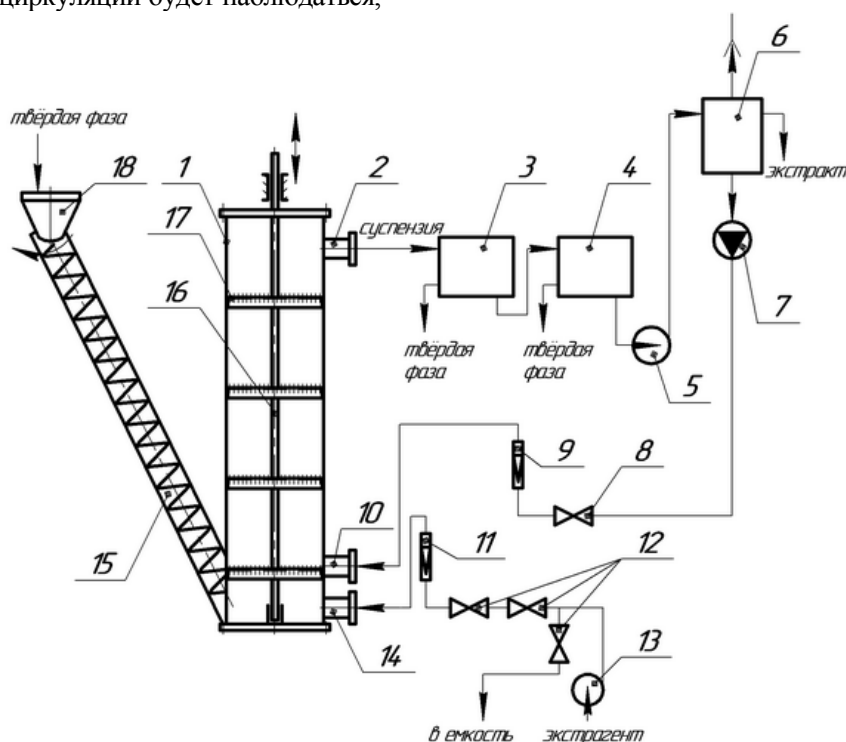


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из цилиндрического корпуса 1 диаметром 150 мм и высотой 640 мм, внутри которого совершает возвратно-поступательное движение вибрационная насадка 16, включающая вертикальный шток с установленными на нем четырьмя перфорированными тарелками 17. Обработываемое плодово-ягодное сырье загружается в воронку 18, откуда шнековым питателем 15 подается в нижнюю часть корпуса аппарата 1. Количество подаваемого в аппарат сырья регулируется частотой вращения питающего шнека. Экстрагент (вода) подается в аппарат насосом 13 из накопительной термостатированной емкости через патрубок 14. Расход экстрагента при этом контролируется ротаметром 11 марки LZM-Z, а регулирование расхода осуществляется системой вентилей 12.

Суспензия, пройдя снизу вверх через рабочую зону экстрактора, отводится из него через патрубок 2 вначале на сита 3, где осуществляется грубое отделение твердой фазы, а затем на вакуум-фильтр 4, где осуществляется тонкая очистка экстракта от твердой фазы. Полученный экстракт насосом 5 подается в напорный бак 6, откуда часть его отводится, как готовый продукт, а часть возвращается в экстрактор через патрубок 10 с помощью рециркуляционного насоса 7. Расход экстракта, идущего на рециркуляцию, контролируется ротаметром 9, а регулирование расхода осуществляется вентилем 8.

Для проведения исследований использовались плоды рябины красной обыкновенной, собранные в ОАО «Плодопитомник-1» в городе Кемерово и замороженные до температуры минус 18 ± 1 °C.

Плоды рябины красной, как объект промышленной переработки, характеризуются высокой доступностью и перспективностью в условиях большинства регионов нашей страны [3]. Причем, для производства экстрактов их рекомендуется использовать в замороженном виде, что в свою очередь объясняется необходимостью длительного хранения сырья вследствие сезонности урожая. Кроме того, клеточная вода при медленном замораживании, превращается в кристаллики льда, что при механическом воздействии на замороженное сырье способствует эффективному процессу разрушения его клеточной структуры, повышая тем самым эффективность процесса в целом.

В качестве экстрагента использовалась вода питьевая ГОСТ Р 51232-98 температурой 20 ± 1 °C [4].

Производительность по твердой фазе составляла 0,125 кг/мин при гидромодуле 1/4, частоте колебаний насадки 16,7 Гц и амплитуде – 14 мм [3].

Поминутный отбор проб производился с момента начала поступления экстракта в напор-

ный бак 6 и продолжался до наступления установившегося режима работы аппарата, характеризующегося постоянством значения концентрации СВР в экстракте на выходе из вакуум-фильтра. Содержание СВР в пробах полученного экстракта определялось рефрактометром ИРФ-454 Б2М.

В соответствии с поставленной задачей исследований, изучалось соотношение объемов свежего экстрагента, подаваемого в аппарат, и экстракта, идущей на рециркуляцию. Значение соотношения этих объемов описывалось коэффициентом внешней рециркуляции [5, 7]:

$$K_R = \frac{G_B + G_R}{G_B}, \quad (1)$$

где G_B – расход подаваемого экстрагента, кг/мин; G_R – расход экстракта, возвращаемого на рециркуляцию, кг/мин.

Числитель выражения (1) представляет собой производительность экстрактора по жидкой фазе, которая с учетом гидромодуля 1/4, всегда составляла 0,5 кг/мин. Значение коэффициента внешней рециркуляции варьировалось от 1 (без рециркуляции) до 8.

Собранный на ситах 3 и вакуум-фильтре 4 шрот подвергался повторному экстрагированию с целью определения содержания в нем СВР. Процесс экстрагирования шрота проводился в лабораторном экстракторе с вибрационной насадкой периодического действия [3].

В аппарат загружалось 190 ± 2 г шрота и заливалось 2 л свежего экстрагента. По истечении 5 минут после запуска аппарата определялась массовая доля СВР в полученном экстракте и пересчитывалась на массу шрота по следующей формуле:

$$C_{\text{СВШ}} = \frac{C_{\text{СВС}} \cdot m_B}{m_{\text{ШРОТ}}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{СВ}} с$ – концентрация СВР в полученном экстракте, %масс; m_B – масса экстрагента, кг; $m_{\text{ШРОТ}}$ – масса обрабатываемого шрота, кг.

Дальнейшая оценка результатов процесса экстрагирования с применением рециркуляции производилась по результатам расчета материально баланса по СВР.

Исследования подтвердили удовлетворительную пропускную способность аппарата по твердой фазе. При работе во всем диапазоне изучаемых значений коэффициента внешней рециркуляции не наблюдалось переполнения аппарата шротом. При этом отмечено постоянное соответствие между количеством подаваемого в аппарат сырья и количеством выгружаемого влажного шрота. В тоже время с увеличением коэффициента внешней рециркуляции снижалось количество отводимого экстракта, которое составляли расход свежего экстрагента, подаваемого в аппарат, и количество сока, получаемого при разрушении обрабатываемого сырья (таблица 1).

Значения материальных потоков в аппарате, оснащенном контуром внешней рециркуляции экстрагента

Коэффициент внешней рециркуляции	Расход свежего экстрагента, кг/мин	Количество экстракта, идущего на рециркуляцию, кг/мин	Подача твердой фазы, кг/мин	Выход экстракта, кг/мин	Выход шрота, кг/мин
1	0,5	0	0,125	0,562	0,063
1,333	0,375	0,125	0,125	0,437	0,063
2	0,25	0,25	0,125	0,312	0,063
4	0,125	0,375	0,125	0,187	0,063
8	0,0625	0,4375	0,125	0,1245	0,063

Согласно графику, представленному на рисунке 2, с увеличением коэффициента внешней рециркуляции K_R , повышается концентрация СРВ $C_{св}$ в экстракте. Причем, существенный прирост концентрации наблюдается при значении $K_R = 2$. Это, прежде всего, объясняется увеличением продолжительности взаимодействия обрабатываемого сырья и жидкой фазы. Кроме того, жидкая фаза, находящаяся в рецикле, имеет меньшее поверхностное натяжение, чем свежий экстрагент, что способствует улучшению условий проникновения экстрагента в поры частиц, повышая, таким образом, скорость процесса экстрагирования.

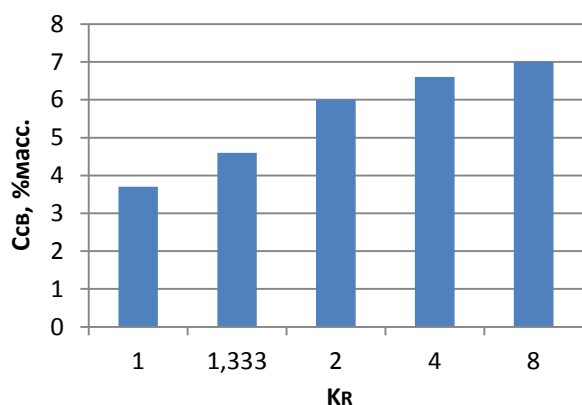


Рисунок 2. Влияние коэффициента внешней рециркуляции на концентрацию СРВ в экстракте

Однако, несмотря на положительный эффект от применения контура рециркуляции, при увеличении коэффициента K_R более 2 рост концентрации СРВ идет медленнее, при этом происходит значительное увеличение потерь СРВ со шротом, что отражено на рисунках 3 и 4. Это главным образом объясняется снижением скорости массоотдачи, сопровождающееся отсутствием видимого переноса СРВ из твердой фазы в жидкую. Кроме того, при повышении концентрации СРВ в экстракте возрастает его вязкость, что ухудшает условия массообмена, затрудняет обновление поверхности контакта фаз в рабочем пространстве аппарата, а также ведет к увеличению толщины пограничного слоя.

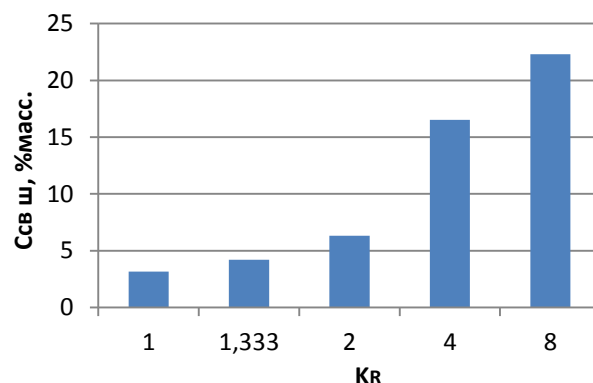
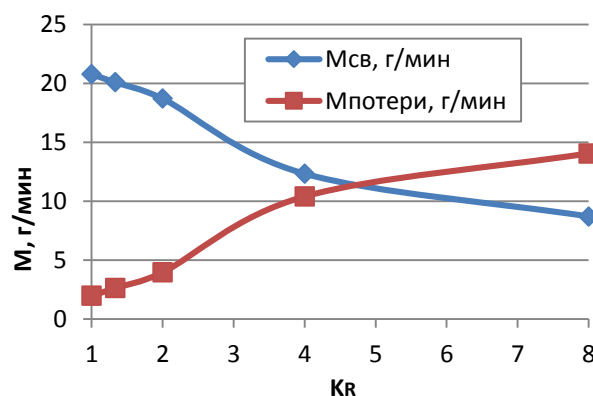


Рисунок 3. Влияние коэффициента внешней рециркуляции на концентрацию СРВ в шроте

Рисунок 4. Извлечение СРВ с экстрактом $M_{св}$, г/мин, и потери СРВ со шротом $M_{потери}$, г/мин, в зависимости от коэффициента внешней рециркуляции

Повышение концентрации СРВ в отводимом из аппарата экстракте до 6,6 % масс. при $K_R = 4$ и 7 % масс. при $K_R = 8$ (рисунок 2), ввиду увеличения потерь СРВ со шротом (рисунок 3), сопровождается снижением производительности экстрактора по количеству извлекаемых СРВ (рисунок 4). Поэтому работа аппарата с K_R более 2 считается неэффективной, поскольку снижает основные технико-экономические показатели процесса.

Значение коэффициента внешней рециркуляции, равное 2, характеризуется повышением концентрации СРВ в экстракте на 62 % по сравнению с чистым экстрагентом. Потери СРВ со шротом при этом составляют 4 г/мин, а выход их с экстрактом – 18,7 г/мин (рисунок 4), что говорит о создании рациональных условий проведе-

ния процесса экстрагирования с отсутствием перечисленных выше недостатков.

Эффективность рециркуляции при $K_R = 2$ подтверждается критерием оптимальности процесса, % масс./Вт:

$$\Phi = \frac{C_{CB}}{N \cdot \frac{M_{CB0}}{M_{CBi}}}, \quad (3)$$

где C_{CB} – концентрация СРВ в получаемом экстракте, % масс; N – суммарная мощность электродвигателей установки, Вт; M_{CB0} – извлечение СРВ с экстрактом при $K_R = 1$, г/мин; M_{CBi} – извлечение СРВ с экстрактом при исследуемом значении K_R , г/мин.

Суммарная мощность электродвигателей установки составляла 737 Вт при $K_R = 1$ и 1097 Вт – для значений K_R более 1, что обусловлено работой дополнительного оборудования контура внешней рециркуляции.

Отношение $\frac{M_{CB0}}{M_{CBi}}$ в выражении (3) яв-

ляется показателем увеличения продолжительности процесса экстрагирования до получения требуемого количества СРВ.

На рисунке 5 представлен график изменения критерия оптимальности, согласно которому наилучшие показатели процесса наблюдаются при значении $K_R = 1$ (без рециркуляции) и при $K_R = 2$ с соответствующими значениями критерия оптимальности $5,02 \cdot 10^{-3}$ и $4,92 \cdot 10^{-3}$ % масс./Вт.

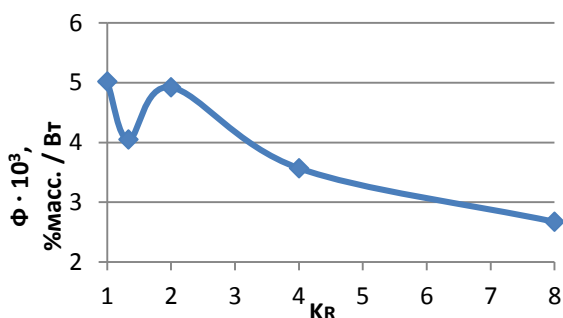


Рисунок 5. График изменения критерия оптимальности процесса

ЛИТЕРАТУРА

1 Панфилов В.А. Теория технологического потока. 2-е изд., исправл. и доп. М.: КолосС, 2007. 319 с.

2 Розен А.М., Мартюшин Е.И., Олевский В.М. и др. Масштабный переход в химической технологии: разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования. М.: Химия, 1980. 320 с.

3 Пат. 2545300 РФ, МПК В 01 D 11/02 (2006.01) Экстрактор вибрационный / Сорокопуд А.Ф., Иванов П.П., Халтурин М.А.; Оpubл. 27.03.2015, Бюл. №9, 5 с.

Несмотря на меньшее значение критерия оптимальности при $K_R = 2$, эффективность использования рециркуляции при проведении процесса экстрагирования замороженных плодов рябины красной будет определяться экономией энергии, идущей на процесс последующего концентрирования полученного экстракта. Расчет энергетических затрат на процесс получения 60 л экстракта концентрацией СРВ 12 % масс. [10] на вакуум-выпарной установке (ВВУ) Агромаш [11] показал, что при начальной концентрации СРВ в экстракте, равной 3,7 % масс. (без рециркуляции), для проведения процесса требуется 187,8 кг насыщенного водяного пара. С повышением начальной концентрации СРВ в экстракте до 6 % масс. ($K_R = 2$) наблюдается снижение потребляемого количества, насыщенного водяного пара на 104,1 кг, что при удельной энтальпии пара 2706,29 кДж/кг составляет 281685 кДж.

Использование контура рециркуляции позволяет таким образом снизить требуемое количество насыщенного водяного пара на обогрев ВВУ, а следовательно и затрат энергии на его получение.

На основании результатов, полученных в процессе исследований, можно утверждать, что использование контура рециркуляции позволяет повысить концентрацию СРВ в получаемом экстракте. Наилучшие технико-экономические показатели работы экстрактора с вибрационной насадкой непрерывного действия обеспечиваются при значении коэффициента внешней рециркуляции равном 2. Процесс экстрагирования при этом характеризуется улучшением условий массоотдачи, а величина потерь СРВ со шротом составляет 4 г/мин при выходе СРВ с экстрактом, равном 18,7 г/мин.

4 Иванов П.П., Плотников И.Б., Халтурин М.А. Влияние температуры экстрагента на процесс получения экстракта из замороженных плодов рябины красной в аппарате с вибрационной насадкой // ВЕСТНИК МАХ. 2014. № 5. С. 64-68.

5 Нагиев М.Ф. Теория рециркуляции и повышение оптимальности химических процессов. Новые технологические принципы, моделирование и оптимизация хим. процессов, осуществляемых в системах с обратной связью. М.: Наука, 1970. 390 с.

6 Меньшиков В.В. Разработка методов повышения эффективности химико-технологических процессов с применением рециркуляции : автореф. дисс. ... док. техн. наук: 05.17.08. М., 1994. 33 с.

7 Шахтахтинский Т.Н., Кузнецов В.И., Зайцева З.А. Создание и развитие учения о рециркуляционных процессах в химической технологии. Баку : Элм, 1979. С. 119-138.

8 Сорокопуд А.Ф., Иванов П.П. Исследование физико-химических свойств водных и водно-спиртовых экстрактов ирги и шиповника Химия растительного сырья. 2002. № 2. С. 111-116.

9 Зиганшин Г.К., Осинцев А.А. Влияние рециркуляции индивидуальных сырьевых компонентов на селективность и основные показатели процесса экстракции // Тезисы докладов V международной научной конференции «Методы кибернетики химико-технологических процессов» (КХТП-V-99). Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999. С. 146-147.

10 ГОСТ Р 52184-2003. Консервы. Соки фруктовые прямого отжима. Технические условия. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2009. 14 с.

11 Вакуум-выпарная установка [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.agro-mash.ru/a-vak_vyp_ust.htm (17 апреля 2015)

REFERENCES

1 Panfilov V.A. Teoriya tekhnologicheskogo potoka [Workflow theory]. Moscow, KolosS, 2007. 319 p. (In Russ.).

2 Rozen A.M., Martyushin E.I., Olevskii V.M. et al. Masshtabnyi perekhod v khimicheskoi tekhnologii: razrabotka promyshlennykh apparatov metodom gidrodinamicheskogo modelirovaniya [Massive transition in chemical technology: designing industrial apparatuses by hydrodynamic simulation technique]. Moscow, Khimiya, 1980. 320 p. (In Russ.).

3 Sorokopud A.F., Ivanov P.P., Khalaturin M.A. Ekstraktor vibratsionnyi [Oscillating extractor]. Patent RF, no. 2545300, 2015.

4 Ivanov P.P., Plotnikov I.B., Khalaturin M.A. The influence of extracting agent temperature on the process of frozen ashberries extracting in the apparatus equipped with the vibrating nozzle. *Vestnik MAH №3*. [The bulletin of International Academy of Refrigeration], 2014, no. 5, pp. 64-68. (In Russ.).

5 Nagiev M.F. Teoriya retsirkulyatsii i povyshenie optimal'nosti khimicheskikh protsessov. Novye tekhnologicheskie printsipy, modelirovanie i optimizatsiya khim. protsessov, osushchestvlyаемых в системах с обратной связью [The theory of recirculation and the optimization of chemical process. New technological principles, simulation and optimization of chemical process in feedback systems]. Moscow, Nauka, 1970. 390 p. (In Russ.).

6 Men'shikov V.V. Razrabotka metodov povysheniya effektivnosti khimiko-tekhnologicheskikh protsessov s primeneniem retsirkulyatsii : avtoreferat dissertatsii na soiskanie uchenoi stepeni d-ra tekhn. nauk: 05.17.08 [Working out the methods of effectiveness increase in chemical-engineering process by using recirculation. Abstr. diss. dr. techn. sci.]. Moscow, 1994. 33 p. (In Russ.).

7 Shakhtakhtinskii T.N., Kuznetsov V.I., Zaitseva Z.A. Sozdanie i razvitie ucheniya o retsirkulyatsionnykh protsessakh v khimicheskoi tekhnologii : nauchnoe izdanie [Formation and development of study of recirculation in chemical techniques: scientific paper]. Baku, Jelm, 1979. 138 p. (In Russ.).

8 Sorokopud A.F., Ivanov P.P. The study of physicochemical properties of aqueous and aqueous alcoholic extracts of serviceberries and rose hips. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*. [Chemistry of plant raw material], 2002, no. 2, pp. 111-116. (In Russ.).

9 Ziganshin G.K., Osintsev A.A. The influence of recirculation of certain raw components on the selectivity and key indicators of extraction. Tez. dokl. V mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Metody kibernetiki khimiko-tekhnologicheskikh protsessov» (KHTP-V-99). [V International scientific conference «Methods of cybernetics of chemical-engineering processes» (MCCEP-V-99). Heads of reports]. Ufa, UGN-TU, 1999. pp. 146-147. (In Russ.).

10 GOST R 52184-2003. Konservy. Soki fruktovye pryamogo otzhima. Tekhnicheskie usloviya [State standard 52184-2003. Canned food. Directly expressed juice. Technical requirements]. Moscow, FGUP «STANDARTINFORM», 2009. 14 p. (In Russ.).

11 Vakuum-vyparnaya ustanovka [Vacuum-evaporator installation]. Available at: http://www.agro-mash.ru/a-vak_vyp_ust.htm (Accessed 17 April 2015). (In Russ.).

УДК 636.086:598.5

Доцент Л.Н. Фролова, профессор В.Н. Василенко,
аспирант И.В. Драган, магистр А.Н. Михайлова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. тех.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов
пищевых и химических производств. тел. (473) 255-35-54

E-mail: vvn_1977@mail.ru

Associate Professor L.N. Frolova, professor V.N. Vasilenko,
graduate I.V. Dragan, past master N.A. Mikhailova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of technology of fats,
processes and devices of food and chemical industries. phone (473) 255-35-54

E-mail: vvn_1977@mail.ru

Изучение закономерностей предварительной экструзионной подготовки масличных культур к процессу прессования

The study of patterns of pre-extrusion preparation oil cultures to the pressing process

Реферат. Одной из перспективных масличных культур в РФ является рыжик. Семена рыжика содержат от 26 до 46 % масла, которое отличается от масел других крестоцветных высоким содержанием гондоиновой, линоленовой и линолевой кислот и относительно низким содержанием эруковой кислоты, отличается высоким содержанием биологически активных веществ (стеролов, каротинов и каротиноидов, хлорофиллов и токоферолов). Основной задачей при переработке масличных семян является максимальное извлечение масла при высоком качестве получаемых продуктов: нерафинированных масел, жмыхов и шротов. При обычной технологии получения масла, сырье подвергается значительному многократному нагреванию. Была предложена следующая технологическая схема переработки: семена рыжика предварительно подвергались влаготепловой обработке в экструдере, а затем прессовались горячим способом на шнековом прессе однократного действия, так что содержание масла в жмыхе после прессования было 17-19 %. При использовании процесса экструзии подавляются антипитательные свойства, содержащиеся в семенах рыжика. Установлено, что масло, полученное после предварительной экструзионной подготовки, в сравнении с маслом, получаемым по традиционной технологии, содержит больше токоферолов, меньше фосфолипидов, хлорофилла, свободных жирных кислот и перекисей. Таким образом, оно имеет более длительный срок хранения, обладает хорошей текучестью, легко рафинируется.

Summary. One of the most promising oil crops in the Russian Federation is saffron. Camelina seeds contain from 26 to 46% oil, which is different from other oils rich in cruciferous gondoinic, linolenic and linoleic acids, and relatively low erucic acid, has a high content of the biologically active substances (sterols, carotenes and carotenoids, chlorophylls and tocopherols). The main task in the processing of oilseeds is the maximum extraction of oil with a high quality of the products obtained: unrefined oil, cake and meal. In conventional technology of oil, the raw material is subjected to repeated heating significantly. Proposed the following processing flow chart: camelina seeds were subjected to moisture-heat treatment beforehand in an extruder, and then hot-pressed to a screw press a single action, so that the oil content of the cake after pressing was 17-19%. When using an extrusion process is suppressed anti-nutritional properties contained in the seeds of camelina. Found that the oil obtained after the preliminary preparation of the extrusion as compared with the oil produced by traditional technology, comprises more tocopherols, phospholipids less chlorophyll, free fatty acids and peroxides. Thus, it has a longer shelf life, has good fluidity, easily refined.

Ключевые слова: экструзия, прессование, семена рыжика

Keywords: extrusion, compression molding, false flax seeds

В последнее время актуальной масличной культурой РФ является рыжик. Семена рыжика содержат от 26 до 46 % масла, которое отличается от масел других крестоцветных высоким содержанием гондоиновой, линоленовой и линолевой кислот и относительно низким содержанием эруковой кислоты, отличается высоким содержанием биологически

активных веществ (стеролов, каротинов и каротиноидов, хлорофиллов и токоферолов). Масло рыжика широко используется как на пищевые цели, так и в лакокрасочной, и металлургической отраслях промышленности [1].

© Фролова Л.Н., Василенко В.Н.,
Драган И.В., Михайлова А.Н., 2015

Основной задачей при переработке масличных семян является максимальное извлечение масла при высоком качестве получаемых продуктов: нерафинированных масел, жмыхов и шротов. При обычной технологии получения рыжикового масла, семена подвергаются значительному многократному нагреванию. В итоге жмых теряет цвет, иногда в результате перегрева белок разлагается, что снижает его питательную ценность. Технология экструзии устраняет этот недостаток, поскольку продукт находится под воздействием высоких температур очень незначительное время (5-6 секунд). При этом температура, получаемая в экструдере в результате трения, позволяет подвергнуть семена тепловой обработке, стерилизовать, стабилизировать, дегидратировать, а также изменить структуру продукта. При экструдировании также подавляются их антипитательные свойства. Это дает возможность использовать рыжиковый жмых в рационах животных без дополнительной тепловой обработки. Так, в жмыхах из семян рыжика содержится миреновокислый калий и под действием фермента мирозина в присутствии воды он переходит в горчичное масло, которое придает жмыхам неприятный горчичный запах и вкус, в связи с чем, животные их неохотно поедают. При больших дозах у животных могут быть вызваны различные заболевания.

В процессе исследования нами изучено влияние предварительной экструзионной подготовки семян рыжика на процесс маслопрессования. Была предложена следующая технологическая схема переработки: семена рыжика предварительно подвергались влаготепловой обработке в экструдере, при этом происходит одновременно частичное нагревание и испарение воды из семян, их интенсивное сжимание и механическое нарушение клеток. Семена рыжика, таким образом, механически и термически обрабатываются, а затем из них отжимается масло с помощью шнекового пресса однократного действия с высоким показателем выхода масла 17-19 %.

Исследование процесса экструдирования семян рыжика проводили на экспериментальной установке – одношнековом экструдере ЭУМ-1. Прессующий механизм состоит из корпуса, шнека и матрицы, в которую устанавливается сменная фильера.

В состав экспериментальной установки входят также устройства для изменения и регистрации частоты вращения шнека и расхода электроэнергии. На пульте управления также была установлена контрольно-измерительная аппаратура для регистрирования температуры

процесса и давления в предматричной зоне экструдера. Измерение и контроль основных технологических параметров процесса при проведении экспериментальных работ проводились при помощи отградуированных и прошедших поверку приборов.

В процессе исследования необходимо знать корреляционную связь между отдельными кинетическими, технологическими и конструктивными параметрами экструзионного процесса [2]. Для прогнозирования изменения давления продукта, а следовательно и температуры в предматричной зоне экструдера было получено регрессионное уравнение:

$$P = 6,15 + 0,32W + 0,31\omega - 1120,31d_m + 0,05\omega^2 + 684,77d_m^2 \quad (1)$$

где W – влажность экструдруемых семян, %; ω – частота вращения шнека, c^{-1} ; d_m – диаметр формующего канала матрицы, м.

Проверка на адекватность полученного уравнения по значению критерия Фишера ($F_{расч} = 0,84 < F_{табл} = 1,81$) показала положительный результат.

Построение поверхности равного выхода по регрессионному уравнению (1) дает возможность наглядно описать зависимость давления в предматричной зоне экструдера от основных параметров процесса.

Анализ поверхности (рисунок 1) позволяет определить закономерности изменения давления в предматричной зоне экструдера в зависимости от скорости вращения шнека и диаметра формующего канала матрицы экструдера.

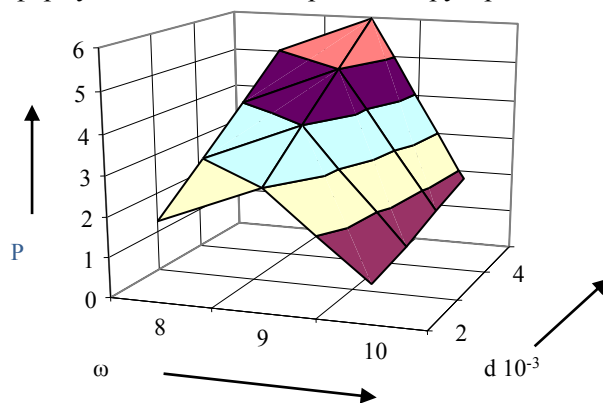


Рисунок 1. Зависимость давления в предматричной зоне P от частоты вращения шнека ω и диаметра формующего канала матрицы d_m

Также была построена графическая зависимость температуры экструдруемых семян от мощности и производительности при различной влажности исходного сырья, которая позволяет с достаточной точностью прогнозировать их изменение в исследованном диапазоне значений факторов. Анализ позволяет сделать заключение

о преобладающем влиянии температуры и давления среды и выявить закономерности: наибольшее влияние на давление расплава продукта оказывают конструктивные параметры экструдера (величина диаметра проходного сечения матрицы), а также начальная влажность семян; геометрические характеристики рабочего органа, скорость вращения шнека и давление продукта максимально влияют на температуру в предматричной зоне экструдера.

Они позволяют выяснить доминирующее значение каждого исследуемого фактора на кинетические параметры (P , T) и с достаточным приближением описать характер протекания процесса термопластической экструзии семян рыжика (рисунок 2).

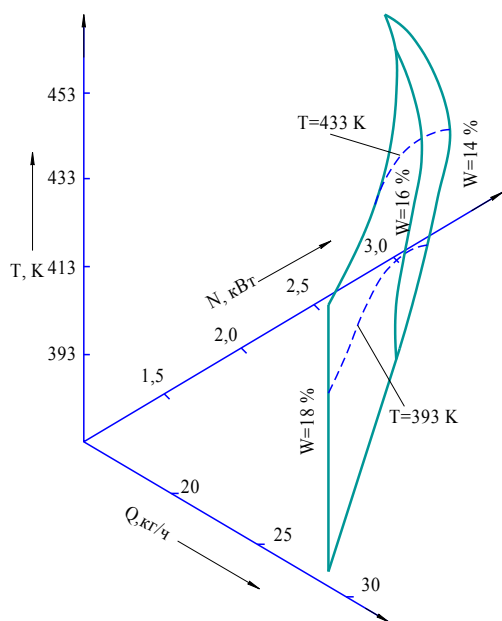


Рисунок 2. Зависимость температуры экструдированной смеси от мощности и производительности при различной влажности семян рыжика

ЛИТЕРАТУРА

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

2 Василенко В.Н., Фролова Л.Н., Драган И.В., Русина К.Ю. Аналитическое определение температурных полей биополимеров в формирующем канале экструдера при коэкструзии // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. № 1. С. 13-19.

Была проведена оценка качества масла, полученного по предлагаемой технологии, в сравнении с маслом, получаемым по традиционной технологии. Данные исследований позволяют сделать вывод о целесообразности использования предварительной экструзионной подготовки, в результате которой увеличивается содержание токоферолов, уменьшается - фосфолипидов, хлорофилла, свободных жирных кислот и перекисей. Таким образом, масло имеет более длительный срок хранения, обладает хорошей текучестью, легко рафинируется (таблица 1).

Таблица 1

Показатели перекисного числа и токоферола рыжикового масла, полученного с использованием различных технологий

Вид масла	Содержание	
	Перекисное число, ммоль/кг	Токоферола, %
Не фильтрованное экструдированное	0,80	103,8
Фильтрованное не экструдированное	1,61	102,1
Рафинированное экструдированное	1,43	101,52
Рафинированное не экструдированное	1,47	99,52

Таким образом, рыжиковое масло, полученное с применением экструзионных технологий, имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной технологией: очень хороший показатель выхода масла, высокое качество жмыха, короткая термическая экспозиция, оптимальное соотношение общей энергоемкости и выхода масла, а также уменьшение антипитательных свойств.

REFERENCES

1 Vasilenko V.N., Bautin V.M., Frolova L.N., Dragan I.V. Improvement of the quality management system of oil and fat enterprises through improved processes. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technology], 2012, no. 1, pp. 183-187. (In Russ.).

2 Vasilenko V.N., Frolova L.N., Dragan I.V., Rusina K.Yu. Analytical determination of temperature fields of polymers in the form of channels extruder with co-extrusion. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technology], 2014, no. 1, pp. 13-19. (In Russ.).

УДК 664.047

Аспирант М.В. Шуманова, профессор Ю.А. Фатыхов
(Калининградский государственный технический университет, г. Калининград)
кафедра пищевых и холодильных машин
доцент В.А. Шуманов
(Калининградский государственный технический университет, г. Калининград)
кафедра физики. тел.+7(905)244-44-22
E-mail: shumanovamaria@mail.ru

Graduate M.V. Shumanova, professor Yu.A. Fatykhov
(Kaliningrad state technical university, Kaliningrad)
Department of food and refrigeration machines
associate Professor V.A. Shumanov
(Kaliningrad state technical university, Kaliningrad)
Department of physics. phone +7(905)244-44-22
E-mail: shumanovamaria@mail.ru

Результаты экспериментальных и теоретических исследований процесса посола сельди

Results of experimental and theoretical investigations of the herring salting

Реферат. Процессу посола рыбы посвящено множество исследований, как в экспериментальном, так и в теоретическом плане. Изучение особенностей просаливания рыбы в историческом плане можно разделить на 3 группы. Одна группа исследователей считала, что при посоле основное влияние оказывает осмотическое давление. Другая группа приписывает данному процессу влияние молекулярной диффузии. Третья считает, что в данном процессе имеет место и осмос и диффузия. Определение основных характеристик (соленость, коэффициенты диффузии, время посола и т.д.) является весьма трудоемкой задачей. Это приводит к мысли о поиске инновационных методов исследования. Современное состояние науки, помимо теоретических решений, указывает на возможность определения основных характеристик посола и применения методов, связанных с взаимодействием ультразвуковых и электромагнитных излучений с веществом. В наших исследованиях производилось сканирование лазерным лучом раствора поваренной соли и толщи мяса рыбы. По рассеянному излучению определялись: концентрация соли, коэффициенты диффузии, размеры диффундирующих частиц. Данный метод называется методом фотонной корреляционной спектроскопии. Этот метод применен в нашей работе. Исследована зависимость интенсивности рассеянного света от концентрации раствора поваренной соли (тузлука). По распределению коэффициента диффузии в растворе до кожицы сельди сделан вывод о приобретении раствором соли фрактальной структуры, и определены ее размеры. Также определены зависимости коэффициентов диффузии от температуры в слоях тузлук-кожа, кожа, толщина мяса сельди. При температурах 10-12° С выявлен процесс диффузионно-осмотического равновесия. Высказана возможность более качественного посола рыбы при отрицательных температурах. На основании автомодельного решения дифференциального уравнения диффузии получена формула расчета времени посола рыбы.

Summary. To the salting process of fish many studies are devoted, both in experimental and in theoretical terms. Study of features of fish salting in historical terms can be divided into 3 groups. One group of researchers believes that osmotic pressure has a major influence during the salting process. Another group attributed this process to the influence of molecular diffusion. The third group considers that during this process takes place both osmosis and diffusion. Determination of the main characteristics (salinity, diffusion coefficients, time of salting, etc.) is a very time-consuming task. This leads to the idea of searching for innovative research methods. Current state of science, in addition to theoretical solutions points to the possibility to determine the basic characteristics of salting and applying methods associated with the interaction of ultrasound and electromagnetic radiation with matter. In our studies, we have been producing laser beam scanning of salt solution and fish meat thickness. Scattered radiation is determined by the salt concentration, diffusion coefficients, the size of the diffusing particles. This method is called a photon correlation spectroscopy. It has been applied in our work. The dependence of the scattered light intensity on the concentration of sodium chloride solution (brine) has been investigated. According to diffusion coefficient a diffusion in solution to herring skin a conclusion was made that salt solution obtains fractal structure and its size was determined. Also we determined diffusion coefficients depending on the temperature in the layers. The layers are brine-leather, leather, and herring meat thickness. The process of diffusion-osmotic equilibrium revealed at temperatures of 10-12 ° C. Suggested the possibility of higher quality of fish salting at low temperatures. On the basis of the self-similar solution of the differential diffusion equation, a formula for calculating time salting fish was obtained.

Ключевые слова: метод фотокорреляционной спектроскопии, коэффициенты диффузии, концентрация, вязкость, математическая модель, автомодельность, время посола.

Keywords: method of photocalibration spectroscopy, diffusion coefficient, concentration, viscosity, mathematical model, self-similarity, time of salting.

Изучение процесса посола рыбы в настоящее время является весьма актуальной задачей [1, 2] как в теоретическом, так и в экспериментальном плане. Для этого необходимо применять новые методы исследования.

Особенности просаливания рыбы в солевом растворе (тузлуке) связаны с характером переноса влаги и соли в рыбе в системе «рыба-тузлук». Так И.П. Леванидов считал, что при посоле основное влияние на выход воды из рыбы оказывает разность осмотических давлений, а Л.П. Миндер приписывал данный процесс силам молекулярной диффузии. Н.Н. Рулев, А.М. Ершов [3] считают, что и осмос, и диффузия имеют место при перемещении влаги из рыбы в процессе просаливания.

В.И. Шендерюк и А.Г. Поротиков установили, что скорость перемещения влаги из рыбы значительно выше скорости перемещения соли в рыбу. Они считают, что в мышечной ткани рыбы имеются молекулы воды, удерживаемые заряженными группами органических веществ менее значительными силами электростатического притяжения по сравнению с электростатическими силами между ионами Na^+ , Cl^- и молекулами воды в окружающем растворе соли.

В результате перемещения воды и соли происходит электростатическое выравнивание системы «рыба-тузлук».

Особый практический интерес представляет собою определение коэффициента диффузии. Также нет единого подхода к определению его значений. К тому же существуют различные взгляды на причины изменения коэффициента диффузии по мере просаливания.

Р.В. Среан пришел к выводу, что мышечная ткань рыбы, погруженная в тузлук низкой концентрации, впитывает влагу и, наоборот, при погружении в тузлук с более высокой концентрацией соли, теряет влагу, т.е. происходит высаливание белков. Р.В. Среан установил, что существует некоторая критическая концентрации соли, ниже которой происходит впитывание влаги и набухание, а выше которой влага теряется. Данная критическая концентрация соли равна 8%. Это не противоречит выводам Н.Н. Рулева

Для исследования процесса посола рыбы используем новый метод – метод фотокорреляционной спектроскопии.

Коррелятор Photocor – FC предназначен для измерения в реальном времени автокорреляционной функции. Исследования флуктуаций интенсивности света, рассеянного на дисперсных частицах, осуществлялись на установке, собранной на базе оптического гониометра ЛОМО (рисунок 1).

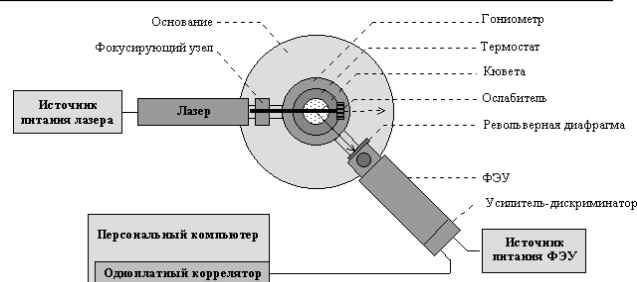


Рисунок 1. Схема установки

Источником излучения был одномодовый He-Ne лазер ($W = 15$ мВт; $\lambda = 632.8$ нм; диаметр луча 100 мкм). Рассеянный свет регистрировался фотоэлектронным умножителем, работающим в режиме счета фотонов. Корреляционная функция вычислялась с использованием 32-битного 282-канального коррелятора «Photocor-FC», подключенного к компьютеру. При прохождении лазерного луча через неоднородную среду часть света будет рассеяна на этих неоднородностях. Флуктуации интенсивности рассеянного света будут соответствовать флуктуациям локальной концентрации дисперсных частиц. Информация о коэффициенте диффузии частиц содержится в зависящей от времени корреляционной функции интенсивности. Спектрометр Photocor Complex и коррелятор Photocor-FC поставляются в комплекте с программным обеспечением Photocor Software для Windows. Этот пакет программ содержит модули управления коррелятором Photocor-FC, процессом измерения и обработки результатов измерения методов кумулянтов. Программа рассчитывала коэффициент диффузии. Интерфейс программы Photocor Software представлен на рисунке 2.

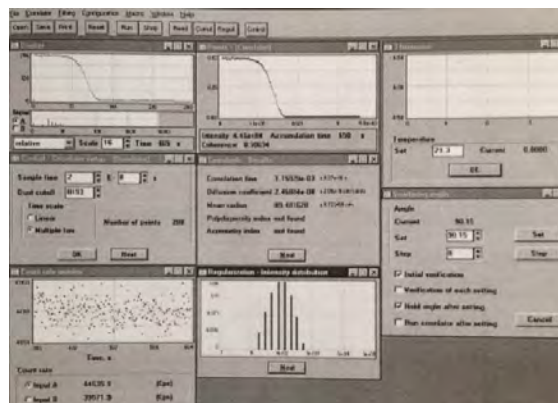


Рисунок 2. Интерфейс программы Photocor-2000

В качестве объектов исследования брались срезы мяса из средней части сельди, которые помещались и заливались раствором NaCl. Кюветы помещались в термостат, с точностью стабилизации температуры $0,1^\circ\text{C}$. Схема расположения объекта исследования представлена на рисунке 3.

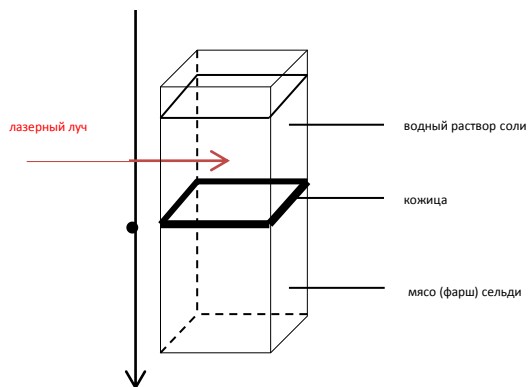
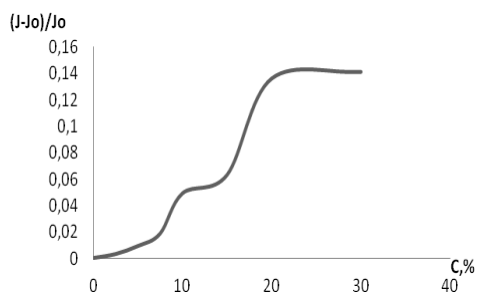


Рисунок 3. Схема заполнения кюветы

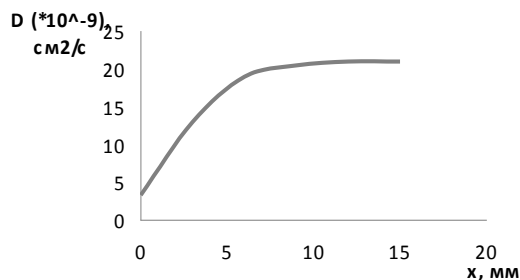
Через 1 мм по высоте кюветы измеряли: интенсивность рассеянного света, коэффициент диффузии, размеры диффундирующих частиц как в растворе (тузлуке), так и в толще мяса сельди. Фиксировалась также температура тузлука и мяса сельди.

На рисунке 4 представлен график зависимости интенсивности рассеянного света от массовой концентрации раствора поваренной соли. Как видно из графика, интенсивность линейно зависит от концентрации раствора до 8 %, что не противоречит Релеевскому рассеянию [4].

При концентрации от 20 % и до насыщенного раствора интенсивность практически постоянна. Это свидетельствует о том, что происходит структурирование раствора, т.е. молекулы NaCl связывают электростатическими силами разное количество молекул воды, а именно, образуют кластеры.

Рисунок 4. Зависимость интенсивности J рассеяния света от концентрации C раствора поваренной соли при $t = 21^\circ\text{C}$, J_0 – интенсивность при $C = 0\%$

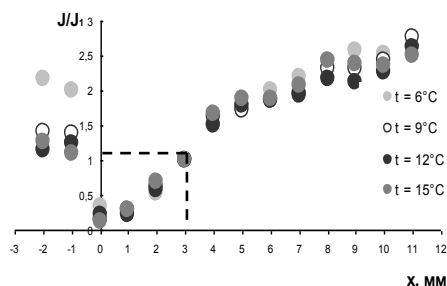
Размеры кластеров, как единицы диффундирующей частицы, имеют разные размеры. До концентрации 8 % размеры составляют от 200 до 300 нм, а при большей концентрации размеры возрастают: при концентрации 20 % и выше размеры соответствуют 1000 нм и выше. Это, по-видимому, будет связано с процессом диффузии соли. Эксперименты показали, что коэффициент диффузии в растворе соли имеет вид, показанный на рисунке 5.

Рисунок 5. Распределение коэффициента диффузии в растворе поваренной соли до кожи сельди при $t = 21^\circ\text{C}$

Как видно из рисунка, он уменьшается при приближении к коже сельди, начиная с 3 мм. Это связано с тем, что раствор соли приобретает фрактальную структуру.

Из работы А.М. Иванова о диффузии молекул и наночастиц на границе с жидкостью можно сделать вывод, что размеры фрактальных структур (кластеров) должны соответствовать неоднородностям поверхности. В нашем случае шероховатостям кожи сельди, а для других видов рыб, по-видимому, кожи и чешуи. В нашем случае толщина пограничного слоя от кожи сельди соответствует 3 мм, что не противоречит исследованиям для других видов рыб.

Характер зависимости не существенно связан с температурой (рисунок 6). Различия начинаются от 1 мм от кожицы в тузлуке.

Рисунок 6. Зависимость интенсивности рассеянного света в тузлуке и в мясе сельди в зависимости от расстояния от кожицы сельди при разных температурах (J_1 – интенсивность рассеянного света в мясе сельди на глубине 3 мм от кожицы. J_1 одинакова в области исследованных температур)

На коже коэффициент диффузии не зависит от температуры и принимает минимальное значение (рисунок 7).

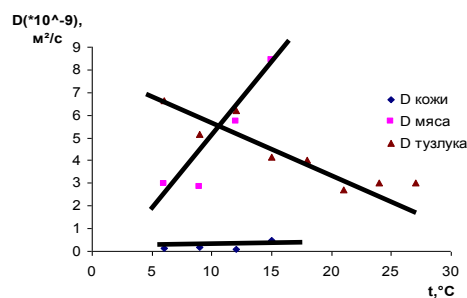


Рисунок 7. Зависимость среднего значения коэффициента диффузии от температуры на коже сельди, в пограничном слое тузлук-кожа и в мясе рыбы.

В пограничном слое тузлук-кожа коэффициент диффузии уменьшается по закону:

$$D = (8,50 - 0,25t) \times 10^{-9} \quad (1)$$

В мясе сельди коэффициент диффузии линейно увеличивается по закону:

$$D = (-1,50 + 0,85t) \quad (2)$$

В уравнениях (1) и (2) t – температура в °С, коэффициент диффузии D (м²/с).

Уменьшение коэффициентов диффузии связано с увеличением размеров диффундирующих частиц. Эти частицы представляют собой скорее кластерные образования. В пограничном слое тузлук-кожа происходит осмос влаги и органических плотных веществ из мяса рыбы через кожу.

Следует отметить, что при температуре 10-12 °С, коэффициенты диффузии (рисунок 7) практически равны как в тузлуке, так и в мясе рыбы. Это может свидетельствовать о том, что наблюдается диффузионно-осмотический процесс равновесия.

На рисунке 8 представлена зависимость вязкости фаршей от температуры [5].

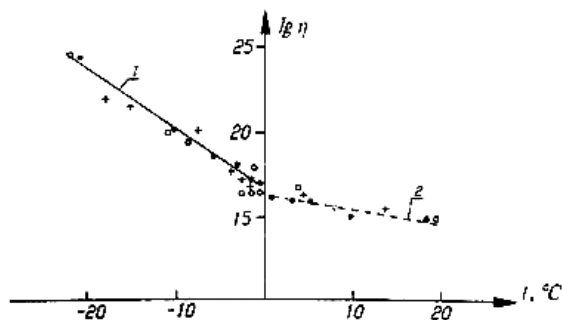


Рисунок 8. Зависимость $\lg \eta$, где η – коэффициент динамической вязкости фарша для куриного фарша (*), рыбного фарша из семги (+), рыбного фарша из хека (o)

Как видно, характер измерения вязкости при отрицательных температурах имеет отличный вид, чем при положительных значениях температур. Следовательно, на основании исследования коэффициент диффузии:

$$D = \frac{RT}{N_A 6\pi\eta r} \quad (3)$$

должен иметь также качественные и существенные отличия при отрицательных температурах. В дальнейшем это планируется определить экспериментально.

В работе [6] с использованием анализа размерностей было получено автомодельное решение дифференциального уравнения диффузии:

$$C = \frac{C'}{2\sqrt{\pi Dt}} e^{\frac{-(x-x_0)^2}{4Dt}}, \quad (4)$$

где C – концентрация соли в момент времени t и в сечении x_0 .

Задача сводилась к распространению соли в бесконечном стержне от сосредоточенного в одном его сечении мгновенного источника соли.

Соль в стержне не уничтожается и не порождается, поэтому, в любой момент времени, количество соли равно M :

$$\rho \delta \int_{-\infty}^{\infty} C' dx = M, \quad (5)$$

где ρ – плотность, δ – площадь сечения стержня.

Максимальное значение концентрации в сечении x :

$$\frac{C 2\sqrt{\pi Dt}}{C'} = 0,28 \quad (6)$$

Подставляем (6) в (4) и получаем:

$$e^{\frac{l^2}{4\pi D\tau}} = 0,28, \quad (7)$$

где l – толщина мяса, τ – время посола.

Из (7) получаем время посола τ :

$$\tau = 0,786 \frac{l^2}{D} \quad (8)$$

$$\text{или } \tau = 0,786 \frac{l^2}{(-1,50 + 0,67t)} \quad (9)$$

Для $l = 10$ мм, при $t = 6$ °С, получаем:

$\tau = 550$ мин ≈ 9 часов, а при $t = 18$ °С, время посола принимает значения $\tau = 140$ мин $\approx 2,3$ часа.

Таким образом, метод фотонной корреляционной спектроскопии является весьма результативным. С помощью него можно измерять размеры диффундирующих частиц (кластеров), их коэффициенты диффузии, концентрацию. Установка позволяет снимать характеристики в зависимости от температуры. Было показано, что наблюдается равновесие диффузионно-осмотического процесса при температуре 10-12 °С.

В работе [7] доказана возможность интенсификации процесса массообмена и улучшения качества при комбинированном способе посола рыбы, чередующим стадии воздействия тузлуком при положительных и отрицательных, вплоть до эвтектической, температурах. В связи с этим высказана необходимость исследова-

ния процесса в диапазоне отрицательных температур. Получена формула расчета времени посола рыбы в исследуемом интервале положительных температур на основании авторского решения дифференциального уравнения диффузии соли.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ana Brás, Rui Costa, Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted-dried fish species// Journal of Food Engineering. Vol.100, Issue 3, 2010, pp. 490–495

2 Kristín Anna Þórarinsdóttir The influence of salting procedures on the characteristics of heavy salted cod. Doctoral thesis. Department of Food Technology, Engineering and Nutrition, Lund University, Lund, Sweden. 2010. 114 p.

3 Технология рыбы и рыбных продуктов: учебник для вузов/ С.А. Артюхова, В.А. Гроховский [и др.]; под ред. А.М. Ершова. - 2-е изд. - М: Колос, 2010. 1063с.

4 Шуманова М.В. О возможности применения нанотехнологических методов для исследования процесса посола сельди //Высокие технологии, фундаментальные исследования, инновации: сб. статей XVII междунар. науч.-практ. конф. «Фундаментальные и прикладные исследования, разработка и применение высоких технологий в промышленности и экономике», Санкт-Петербург, 22-23 мая 2014 г. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2014. С. 181-187.

5 О зависимости эффективной вязкости фаршей в области отрицательных температур /Производство рыбной продукции: «Проблемы новой технологии и качества/ Шуманов В.А [и др.]// Междунар. научн. конф. Калининград: АтлантНИРО. 2009. С.139 – 141.

6 Шуманова М.В., Фатыхов Ю.А., Шуманов В.А. К вопросу математической модели процесса посола мяса сельди//Вестник Международной академии холода. СПб. 2015. №1. С.26-28.

7 Исследование массообменных процессов при комбинированном сухом посоле рыбы / Ершов А.М. [и др.] // Вестник МГТУ. 2010. Т.13. №4/1. С. 673-677

REFERENCES

1. Ana Brás, Rui Costa, Influence of brine salting prior to pickle salting in the manufacturing of various salted-dried fish species// Journal of Food Engineering. Vol.100, Issue 3, 2010, pp. 490–495

2. Kristín Anna Þórarinsdóttir The influence of salting procedures on the characteristics of heavy salted cod. Doctoral thesis. Department of Food Technology, Engineering and Nutrition, Lund University, Lund, Sweden. 2010. 114 p.

3. Artyuhova S.A., Grokhovsky V.A [et al.] *Tehnologiya ryby i rybnykh produktov: uchebnik dlya vuzov* [Technology of fish and fish products: a textbook for high schools] ed. A.M. Yershov. 2nd ed. Moscow: Kolos. 2010. 1063p. (In Russ.).

4.Shumanova M.V. The possibility of using nanotechnology techniques to study the process of salted herring *Visokie tehnologii, fundamentalnie issledovaniya, innovatsii: sbornik statei 17 mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii «Fundamentalnie i prikladnie issledovaniya, razrabotka i primeneniye vysokikh tehnologii v promishlennosti i ekonomike»*. [High technology, fundamental research and innovation: a collection of articles of the Seventeenth International Scientific-Practical Conference "Fundamental and applied research, development and application of high technologies in the industry and the economy"] SPb . 2014. pp. 181-187 (In Russ.).

5. Schumanov V.A., Fatykhov Y.A., Zimarev [et al] On the dependence of the effective viscosity of beef in negative temperatures. *Mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya: Proizvodstvo ribnoi produkzii: «Problemi novoi trchnologii I kachestva»* [International scientific conference: Fish production: "The problems of the new technology and quality]. Kaliningrad, AtlantNIRO, 2009 -pp.139 - 141. (In Russ.).

6. Shumanova M.V., Fatykhov Y.A., Shumanov V.A. On the problem of mathematical model of herring meat salting. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii holoda* [Bulletin of the International Academy of Refrigeration] SPb . 2015. no. 1. pp. 26-28 (In Russ.).

7. Ershov A.M., Bestuzhev A.S., Fatykhov Y.A., Balashov S.O. Study of mass transfer processes in combined dry fish salting. *Vestnik MSTU*. [Bulletin of MSTU], 2010, vol. 13, no.4/1, pp.673-677. (In Russ.).

УДК 641+664.95

Доцент А.Н. Пальчиков

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики) кафедра технологические машины и оборудование.

тел. +7(812)9213350796

E-mail: palchikov_anatoliy@mail.ru

аспирант О.И. Аксенова

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики) кафедра процессов и аппаратов пищевых производств

тел. +7(812)952309294

E-mail: oksi280491@yandex.ru

Assistant Professor A.N. Pal'chikov

(St. Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics)

Department of production machines and equipment. phone +7(812)9213350796

E-mail: palchikov_anatoliy@mail.ru

graduate O.I. Aksenova

(St. Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics)

Department of processes and equipment for food production тел. +7(812)952309294

E-mail: oksi280491@yandex.ru

Технические средства для получения полуфабрикатов корпуса и начинки для экструдированных пищевых продуктов

Technical means for obtaining intermediate products of the casing and toppings for extruded food products

Резюме. В статье предложены новые технические средства для производства пищевых продуктов, технологическая цепочка производства которых включает аппаратное обеспечение в составе оборудования для приготовления полуфабриката для корпуса, бланширователя для гидробионтов и абразивного измельчителя. Для всей совокупности необходимого оборудования разработаны принципиальные схемы, а абразивный измельчитель прошел экспериментальную апробацию для выявления оптимальных параметров конструкции. Пастообразные кулинарные рыбные продукты издавна вырабатываются на предприятиях многих стран, особенно большой популярностью они пользуются в Японии, Германии, Скандинавских и некоторых других странах. В Польше получили распространение пастообразные рыбные смеси, используемые для изготовления порционных блюд. По своей консистенции эти пасты могут быть крупно- или тонко измельченными. Ароматизацию таких пастообразных продуктов осуществляют добавлением коптильной жидкости, натуральных или синтетических ароматизаторов. В настоящее время растет популярность использования семян льна как источника альфа-линолевой кислоты, высококачественного протеина, фенольных соединений, пищевых волокон и минеральных веществ. Изделия с применением льняной муки могут быть рекомендованы для включения в пищевые рационы для восполнения дефицита по полиненасыщенным жирным кислотам, пищевым волокнам. В этой связи представляется целесообразным использовать полуфабрикат соответствующей рецептуры для корпусов экструдированного закусочного пищевого продукта. Проведенные проработки могут быть реализованы при производстве отечественного экструдированного закусочного продукта, например, для пива и других напитков, в виде подушечек с тестовым витаминизированным корпусом и начинкой из гидробионтов при назначении специальных режимов экструзии.

Summary. The following article is devoted to the new technical facilities for food production, which technological chain of production process includes computer hardware as a part of the equipment used for body of semi-processed food preparation, blancher for hydrobionts and abrasive blender. For the whole group of the necessary equipment the principal schemes are designed, and the abrasive blender was tested during the experimental approbation to reveal the optimal design. The culinary fish pastes have already been produced in the enterprises in many countries for many years and they are particularly popular in Japan, Germany, Scandinavian and other country. In Poland the mixtures of fish pasted have become widely spread, and are used for production of portioned meals. These pastes may be blended into larger or smaller pieces. The aromatization process of such pastes is conducted with adding the liquid smoke, natural or synthetic fragrances. There is an increasing popularization of the use of flaxseed as a source of alpha-linoleic acid, high-quality protein, phenolics, fiber and minerals. Products with flax meal can be recommended for inclusion in the diet to make up for the deficit of polyunsaturated fatty acids, dietary fiber. In this regard, it is appropriate to use the semi-finished product formulations for the respective housings extruded snack food. The results of the conducted research could be used in the production of domestic extruded snacks, which have the form of the cushions with vitaminized dough body and hydrobionts stuffing if setting the special extrusion modes.

Ключевые слова: аппаратное обеспечение, витаминизированный тестовый корпус, бланширователь, гидробионты, абразивный измельчитель.

Keywords: computer hardware, vitaminized dough body, blancher, hydrobionts, abrasive blender.

© А.Н. Пальчиков, О.И. Аксенова, 2015

Экструдированные пищевые продукты все прочнее входят в наш повседневный обиход благодаря целому ряду своих уникальных качеств: высокой пищевой ценности, технологичности и возможности широкого варьирования вкусовых качеств.

Достаточно известными на сегодняшний день являются экструдированные продукты типа «подушечки», корпус которых изготавливают из мучной основы, а начинка варьируется по желанию потребителя.

Представляется целесообразным расширить использование экструзионных технологий для производства пищевого продукта типа «подушечки» с использованием другой сырьевой базы. Основными компонентами, применяемыми в этом случае, могут быть, например, тестовые витаминизированные корпуса, а начинка из измельченных гидробионтов, например различных сортов рыбы.

Пастообразные кулинарные рыбные продукты издавна вырабатываются на предприятиях многих стран, особенно большой популярностью они пользуются в Японии, Германии, Скандинавских и некоторых других странах [1, 2].

Одной из древнейших экономически важных сельскохозяйственных культур многих регионов Европы является лен. Толченое льняное семя в качестве пищевой добавки широко использовалось в средневековой кулинарии в России. В настоящее время семена льна как источник альфа-линолевой кислоты, высококачественного протеина, фенольных соединений, пищевых волокон и минеральных веществ рассматриваются как важный функциональный ингредиент [3-4].

В этой связи представляется целесообразным использовать полуфабрикат соответствующей рецептуры для корпусов экструдированного закусочного пищевого продукта.

В соответствии с поставленной задачей на первом этапе объектами исследований являлись семена льна отечественной селекции масличного сорта «Белоснежка», «ЛМ 98», «ЛМ 97» и канадского сорта «Норлин» урожая 2000-2011 гг. Образцы семян льна получены из коллекции РАСХН ВНИИ Льна г. Торжок. Критерием отбора образцов послужил жирнокислотный состав семян льна, поскольку в настоящее время селекция льна как масличной культуры направлена на модификацию этого хозяйственно-полезного признака. Другими объектами исследований являлись тесто для корпусов экструдированного закусочного пищевого продукта, приготовленный на основе измельченных семян льна. В качестве контроля использовали тесто из

пшеничной муки, приготовленный по традиционной рецептуре и технологии.

Отбор и подготовку проб для испытаний производили в соответствии с ГОСТ 5904-82.

Жирнокислотный состав липидов семян льна определяли методом газожидкостной хроматографии по ГОСТ Р 51483-99 и ГОСТ Р 51482-99.

Состав белков семян льна определяли методом электрофореза в полиакриламидном геле по методу Laemly U. (1970).

Водорастворимые некрахмальные полисахариды из семян льна извлекали по методу S. Hashimoto, M.D. Shogren, Y. Pomeranz (1986).

Гидролиз полисахаридов проводили по методу Emaga T.H., Rabetafika N. Blecker C.S., Raquot M. (2012), используя 2 М раствор соляной кислоты.

Пищевую и энергетическую ценность корпусов характеризовали расчетным методом по «Справочным таблицам содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов».

Все анализы проводили не менее чем в трех повторностях. Математическую обработку результатов исследований проводили, используя программный пакет программ CurveExpert Ver. 1.34.

Все исследованные сорта льна близки по составу и соотношению основных белковых компонентов — запасных 11s и 7s глобулинов. Сортные различия проявляются в минорных компонентах альбуминовой фракции.

По минорным компонентам, которые представляют с собой альбуминовую фракцию, идентичны сорта ЛМ 98 и Белоснежка. Сорт Норлин отличается от них наличием в альбуминовой фракции полипептидов 1 и 2, отмеченных на рисунке 2, и отсутствием компонента 5. Сорт ЛМ 97 отличается от первых двух слабым проявлением в альбуминовой фракции компонента 4 и более сильным проявлением компонента 3.

Липидный комплекс исследуемых образцов семян характеризовали по суммарному жирнокислотному составу (таблица 1). Установлено, что для липидов семян сорта ЛМ 98 характерно высокое содержание линоленовой кислоты (67,3 %). Липиды семян сортов ЛМ 97 и Норлин отличаются высоким содержанием линолевой кислоты (60,1 %, 53,7 % и 61,5 % соответственно).

Рекомендуемое Институтом питания РАМН РФ оптимальное соотношение ПНЖК ω -6/ ω -3 в рационе здорового человека составляет (5-10):1, в лечебном- (3-5):1.

Ни одно из четырех исследованных льняных масел различных сортов не соответствует оптимальному соотношению ПНЖК ω -6/ ω -3. Масло из семян льна сорта Белоснежка, ЛМ 97 и Норлин имеют схожее соотношение ω -6/ ω -3 (0,25:1-0,28:1). Масло из семян льна сорта ЛМ 98 кардинально отличается от предыдущих трех масел по соотношению ω -6/ ω -3 (25:1).

Для получения липидного комплекса проектируемых продуктов с рекомендованным оптимальным соотношением ПНЖК ω -6/ ω -3 рекомендовано использовать купажирование семян липидов из семян льна сорта ЛМ 98 с липидами из семян сортов Белоснежка, ЛМ 97, Норлин.

Таблица 1
Жирнокислотный состав липидов из семян льна, исследуемых сортов

Жирные кислоты	Обозначение	Содержания жирных кислот в масле семян, % отн.			
		ЛМ 98 2009 г.	Белоснежка 2002 г.	Норлин 2011 г.	ЛМ 97 2000 г.
Содержание липидов	%	41,0	35,9	40,9	35,5
Пальмитиновая	C 16:0	6,3	4,5	5,0	4,0
Гексадекановая	C 16:1	0,1	0,1	0,1	Сл.
Стеариновая	C 18:0	5,0	4,0	3,2	2,5
Олеиновая	C 18:1	18,1	12,7	24,4	16,0
Линолевая	C 18:2	67,3	16,7	13,0	16,7
Линоленовая	C 18:3	2,7	61,5	53,7	60,1
Арахидовая	C 20:0	0,1	0,1	0,1	0,1
Эйкозеновая	C 20:1	0,1	0,2	0,3	0,4
Бегеновая	C 22:0	0,2	0,1	0,1	0,1
ω -6: ω -3	-	25:1	0,28:1	0,25:1	0,27:1

Молекулярно-массовое распределение полисахаридов и состав моноз слизей семян льна соответственно представлены в таблицах 2 и 3.

Выделенные углеводы преимущественно представлены высокомолекулярными полисахаридами с молекулярной массой более 1000 Да (от 50 до 65 %). Суммарная фракция углеводов с молекулярной массой до 500 Да составляет 16-26 % и представлена, по-

видимому, в основном ди- и трисахаридами. В состав промежуточной фракции углеводов (молекулярная масса 500-900 Да) входят преимущественно разнообразные соединения глюкозидного типа (флавоны, антоцианидины и др.), а также сахараиды типа тетрасахаридов. Массовая доля этой промежуточной фракции составляет в исследованных образцах семян 19-23 %.

Таблица 2
Молекулярно-массовое распределение полисахаридов льняных слизей, % отн.

Молекулярная масса, Да*	Образец			
	Норлин	ЛМ 97	Белоснежка	ЛМ 98
Более 1000	62	58	50,1	65,4
500-900	21,7	19,2	23,7	19
Менее 500	16,3	22,7	26,2	15,6

*Относительная погрешность 10%

Тем не менее известно, что молекулярная масса полисахаридов варьирует при реакциях ассоциации- диссоциации, протекающих с различной скоростью в зависимости от температуры, ионной силы, pH растворов, продолжительности экстракции. В процессе извлечения полисахариды часто гидролизуются собственными ферментными системами семян.

Различия некрахмальных полисахаридов по содержанию отдельных моноз определяется генотипом семян (таблица 2). Так, для семян канадского сорта Норлин, липиды которого имеют

повышенное содержание олеиновой кислоты, характерно низкое суммарное содержание моноз, и приблизительно равное 1:1 соотношение в полисахаридах суммы гексоз и пентоз [4].

Напротив, для полисахаридов семян сортов отечественной селекции свойственно высокое суммарное содержание моноз и повышенное соотношения гексоз и пентоз (3:1 и более). Не исключено, что слизи из семян льна отечественных сортов содержат так же некоторое количество глюканов, о чем свидетельствует повышенное содержание глюкозы.

Соотношения указанных моноз приведены в таблице 3.

Реологические свойства слизей льна зависят от состава и химической структуры полисахаридов.

Из представленных данных, очевидно, что текстурные свойства изделий формируется

в основном в результате образования полисахаридных комплексов (полисахариды льняной муки, крахмал, сахароза). При этом комплексобразующий эффект определяет исходными эмульгирующимися компонентами меланжа (полярные липиды, яичные альбумины).

Таблица 3

Соотношение содержания некоторых моноз в полисахаридах слизей семян льна различных сортов

Соотношения моноз	Название сорта			
	Норлин	ЛМ 97	Белоснежка	ЛМ 98
арабиноза/ ксилоза	0,5	3,3	3,0	8,0
галактоза/ ксилоза	0,5	1,6	3,6	7,7
глюкоза/ ксилоза	0,4	1,0	4,0	10,0
галактоза/рамноза	0,8	3,1	2,4	2,2
фукоза/рамноза	0,2	2,2	1,7	1,3
рамноза/ксилоза	0,6	0,5	1,6	3,5

С коллоидно-химической точки зрения основой данной технологии является процесс формирования коагуляционных структур (гель) и их переход при влаготепловой обработке к конденсационным структурам (золь). Этот процесс определяется химической природой природных полимеров и режимами влаготепловой обработки.

Особенностью приготовления теста для корпусов является кратковременность замеса взбитой яичной массы с мукой. Меланж без подогрева взбивают до увеличения объема в 2,5-3 раза. Перед окончанием взбивания добавляют льняную муку, смешанную с картофельным крахмалом, и перемешивают не более 15 секунд. Муку вводят в 2-3 приема.

Льняное тесто по своим реологическим свойствам является неньютоновской дисперсной системой, кривые течения которой описываются уравнением Оствальда-ДеВила: $\tau = a \cdot \dot{\gamma}^n$. Линейные зависимости в координатах $\lg \tau$ (вязкость) - $\lg \dot{\gamma}$ (скорость сдвига) для всех образцов теста довольно близки, что характеризует однородность образующихся гелевых структур. Индекс течения (n) для всех образцов льняного теста находятся в диапазоне 1,0-0,83, что характерно для разжижающихся при сдвиге дисперсных систем. Коэффициент консистенции (a) снижается в ряду пшеничное тесто > тесто из семян льна сорта Белоснежка > тесто из семян льна сорта Норлин > тесто из семян льна сорта ЛМ 97 > тесто из семян льна сорта ЛМ 98. Можно предполагать, что данная зависимость соответствует высоким вязкостным характеристикам дисперсий слизей семян льна с повышенным содержанием ксилозы (таблица 4).

Изделия на основе полножирной льняной муки сравнимы по своим физико-химиче-

ским характеристикам с контрольными образцами из пшеничной муки.

По снижению общей деформации исследованные образцы располагаются в следующий ряд: корпуса из семян сорта «ЛМ 98» > корпуса из семян сорта «ЛМ 97» > корпуса из семян сорта «Белоснежка» > корпуса из семян сорта «Норлин». Отмеченные зависимости коррелируют с содержанием в полисахаридах льна ксилозы, а также соотношением арабиноза/ксилоза. На основании данных таблицы 2 и таблицы 3 можно предположить, что эта зависимость определяется содержанием скелетного полисахарида нейтральной фракции — арабиноксилана и степенью его ветвления. Для слизей семян льна сорта «Норлин» характерно повышенные содержания линейных форм арабиноксилана с низкой степенью ветвления. Для полисахаридного комплекса семян отечественной селекции характерна высокая степень ветвления арабиноксиланов и снижения их содержания в суммарных полисахаридах.

При рассмотрении изменения пластической деформации корпусов необходимо принимать во внимание молекулярно-массовое распределения полисахаридов (таблица 2). Повидимому, более низкое значение пластической деформации изделий из семян сорта «Белоснежка» по сравнению с изделиями из семян сорта «Норлин» обусловлено высоким содержанием в последнем фракции полисахаридов с молекулярной массой более 1000 Да.

Органолептические профили корпусов из льняной муки с учетом допустимых приемлемых значений выбранных дескрипторов близки органолептическому профилю контрольного пшеничного изделия и характерны для данного типа мучных изделий.

С точки зрения потребительских свойств изделий необходимо отметить оригинальный вкус и запах корпусов из льняной муки, свойственный жаренному миндалю.

Тем не менее, для органолептических свойств изделий принципиальное значение имеет качество исходных семян льна.

В частности, пониженная балльная оценка дескрипторов запах и вкус для корпусов из семян льна отечественной селекции с высоким содержанием полиненасыщенных липидов (ЛМ 97) связана с их окислительной неустойчивости, образованию продуктов окисления линолевой и линоленовой жирных кислот, имеющих горький и прогорклый привкус.

Изделия из льняной муки относятся к категории продуктов питания специализированного назначения, не содержащих проламинов, токсичных при глютеновой энтропатии. Эти продукты могут быть рекомендованы для включения в пищевые рационы для восполнения дефицита по полиненасыщенным жирным кислотам, пищевым волокнам.

Особенно необходимо обратить внимания на разнообразный химический состав и коллоидно-химические свойства пищевых волокон (некрахмальные полисахариды) семян льна различных сортов. Полученные данные по их химическому составу позволяют предполагать, что некрахмальные полисахариды семян льна являются эффективными энтеросорбентами, позволяющими снижать содержания холестерина сыворотки и холестерина липопротеидов низкой плотности, а также пребиотиками, стимулирующими анализ короткоцепочечных жирных кислот в кишечнике. Содержание пищевых волокон в 100 г изделий из полножирной льняной муки обеспечивает 25-35 % от рекомендуемой нормы их суточного потребления.

На стадии термообработки гидробионтов целесообразно использовать усовершенствованный бланширователь.

На рисунке 1 изображена принципиальная схема выгрузочного турникетного затвора бланширователя [5-7].

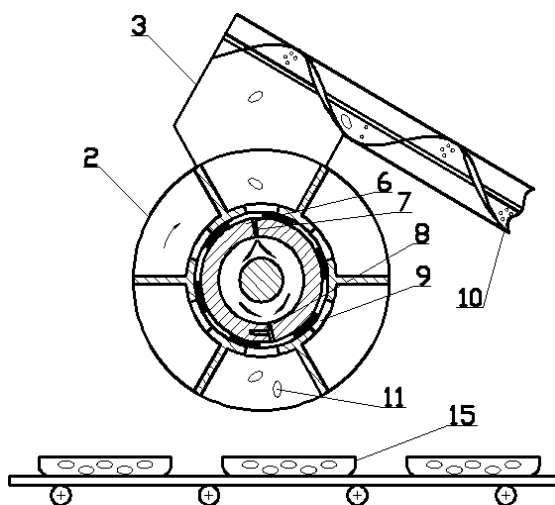


Рисунок 1. Аппарат для бланширования гидробионтов

Работает аппарат следующим образом. При помещении бланшируемого сырья (рыбы) 11 через загрузочный турникетный затвор на транспортирующий шнек 4, в корпус 3 подается пар высокого давления. При перемещении от загрузочного турникетного затвора, соединенного с корпусом 3 герметично, к выгрузочному турникетному затвору 1 пищевое сырье проходит необходимую тепловую обработку. При помещении очередного кармана 2 разгрузочного турникетного затвора 1 над емкостью 15 для размещения консервируемого продукта 11, он оказывается посредством

кольцевой проточки 5, отверстий 7, 9 и 13 совмещен с корпусом 3. За счет перепада давления пара в корпусе 3 и кармане 2 поток пара устремляется с большой скоростью по каналу 7. В процессе этого движения происходит засасывание заливочной жидкости из канала 8 и ее эжекция в полость кармана 2. Длительность процесса эжекции заливочной жидкости, а, следовательно, ее количество в емкости 15 определяется положением диафрагмы 12 и ее отверстий 13 относительно отверстий карманов 2. Диафрагма 12 в виде тонкостенного цилиндрического кольца предварительно кре-

пится винтами 14 на внутреннем диаметре карманов 2 в положении, определяемом необходимым расходом заливочной жидкости. При дальнейшем повороте выгрузочного турникетного затвора 1 эжекция прекращается вплоть до момента совмещения следующего кармана 2 со следующей емкостью 15. Здесь процесс эжекции необходимого количества заливочной жидкости повторяется, поскольку новые порции пара, поступающие от парогенератора, компенсируют потери, возникающие при выгрузке, и равномерно распространяются по корпусу 3 вплоть до выгрузочного конца, как вдоль шнека 4, так и через перфорацию 10.

Рыба, подвергнутая тепловой обработке с помощью аппарата описанной конструкции и помещенная в устройство для измельчения, сохраняет свою биологическую ценность благодаря контролю содержания жидкостей в конечном продукте и обеспечения их оптимального соотношения. Щелевые насадки на выгрузочном отверстии позволяют ориентировать и укладывать ее непосредственно в размеры подаваемой тары.

Бланшированную рыбу для использования в качестве начинки необходимо измельчать, с этой целью подбирали параметры измельчительных рабочих органов абразивного типа [8-10].

Испытания предложенного рабочего органа для абразивно-импульсного воздействия проводили на бланшированном минтае отдельными кусками массой 80-110 граммов с механическими характеристиками, соответственно, $E=25,7 \times 10^5$ Па и $\sigma_{сж}=7,0 \times 10^5$ Па.

Поскольку на основании литературных данных можно предположить зависимость эксплуатационных свойств рабочих органов такой конструкции от отношения расстояния между полосами к ширине полос (Δ/h) и содержания использованного зерна, в ходе планирования эксперимента в качестве варьируемых выбирались:

- параметр Δ/h с интервалом $0,2 \leq \Delta/h \leq 1,0$;
- параметр η , характеризующий содержание абразивного зерна в покрытии, в весовых %.

Интервал изменения последнего параметра варьирования устанавливался на основании литературных данных из соображений минимального содержания абразивного зерна для проявления терочных способностей и максимально возможного насыщения допускаемого современной технологией гальваностегии [9-11].

Этот интервал представлял собой следующий диапазон изменения содержания зерна 24A50:

$$5 \leq \eta \leq 45 \quad (1)$$

В соответствии с принятыми интервалами варьирования кодированные переменные записывались в виде

$$\begin{aligned} X_1 &= (\Delta/h - 0,6)/0,4 \quad \text{и} \\ X_2 &= (\eta - 25)/20 \end{aligned} \quad (2)$$

Для детального исследования влияния указанных параметров на эксплуатационные характеристики для разработки рекомендаций по проектированию рабочих органов целесообразно провести факторный эксперимент, выбрав указанные выше интервалы в качестве интервалов варьирования, изменяемых факторов [10-12].

Для отыскания зависимости адекватной реальной строили центрально композиционный ротатабельный план эксперимента.

После испытания образцов результаты заносились в столбцы, отведенные для функций отклика: Y_1 – качество очистки как отношение массы рыбы с 95 % очищенной от чешуи к общей массе очищаемой рыбы; Y_2 – время наработки до снижения производительности опытной машины до 95 %.

Матрица планирования и некоторые вспомогательные величины представлены в виде таблицы 3.

Зависимости Y_1 и Y_2 от варьируемых параметров в этом случае искали в виде:

$$f = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 \quad (3)$$

Учитывая проведенные с помощью пакета EXCEL вычисления, включавшие оценку значимости полученных коэффициентов, уравнения регрессии записывали в виде:

$$\begin{aligned} Y_1 &= 98,1 + 1,0067X_1 + 0,9567X_2 - 1,1059X_1^2 - 2,1067X_2^2 \quad (4) \\ Y_2 &= 1616 + 41,1945X_1 + 46,1655X_2 - 78,51X_1^2 - 53,49X_2^2 \end{aligned}$$

Полученные уравнения лишь в том случае имеют практическую ценность, когда адекватно описывают исследуемую зависимость. С целью проверки адекватности полученных уравнений регрессии вычисляли дисперсию адекватности. Адекватным уравнение регрессии признается, как известно, в том случае, когда:

$$S_{ao}^2 / S_y^2 < F_{табл}, \quad (5)$$

где $F_{табл}$ – табличное значение критерия Фишера.

Таблица 3

Планирование эксперимента для модели зависимости качества очистки и времени наработки от конструктивных параметров рабочих органов

№ опытов	Значения нормированных факторов					Значения функции отклика Y_1		Значения функции отклика Y_2	
	X_1	X_2	X_1X_2	X_1^2	X_2^2	эксперим. Y_{1i}	расчетные Y_{1p}	эксперим. Y_{2i}	расчетные Y_{2p}
1	1	1	1	1	1	96,8	96,85	1580	1571,36
2	-1	1	-1	1	1	94,8	94,84	1480	1488,97
3	1	-1	-1	1	1	95,0	94,94	1470	1479,03
4	-1	-1	1	1	1	92,9	92,92	1400	1396,64
5	1,41	0	0	2	0	97,3	97,31	1517	1517,24
6	-1,41	0	0	2	0	94,5	94,46	1404	1400,72
7	0	1,41	0	0	2	95,3	95,24	1574	1574,31
8	0	-1,41	0	0	2	92,5	92,53	1447	1443,73
9	0	0	0	0	0	98,1		1620	
10	0	0	0	0	0	98,0		1600	
11	0	0	0	0	0	98,2		1610	
12	0	0	0	0	0	97,9		1630	
13	0	0	0	0	0	98,3		1620	

Для данных таблицы 3, уровня значимости 0,05 и соответствующих степеней свободы числителя и знаменателя, расчетное значение критерия Фишера значительно меньше табличного.

Полученные таким образом уравнения регрессии отображают реальные зависимости эксплуатационных характеристик абразивных рабочих органов измельчительных машин от

конструктивных параметров. Для удобства использования полученных моделей рабочих органов при реальном проектировании нормированные факторы целесообразно перевести в физические переменные [13-15]. С этой целью в полученные уравнения регрессии необходимо подставить выражения для кодированных переменных. После соответствующих преобразований получили:

$$\begin{aligned} K=Y_1 &= 164,9(d/t) + 406,4(a/d) - 110,6(d/t)^2 - 2340,8(a/d)^2 + 19,4 \\ T=Y_2 &= 11401,9(d/t) + 9910,5(a/d) - 7850(d/t)^2 - 52322,2(a/d)^2 - 2980,6 \end{aligned} \quad (6)$$

Записанные соотношения могут служить для прогнозирования величин эксплуатационных характеристик рабочих органов по величине отношения расстояния между полосами к ширине полос (Δ/h) и содержания использованного зерна.

С другой стороны, для заранее заданных значений K_0 - качества и T_0 - долговечности, могут быть подобраны величины (Δ/h) и η , удовлетворяющие заказчика по технологическим или экономическим соображениям.

Полученные экспериментально уравнения регрессии могут служить математическими моделями новых абразивных рабочих орга-

нов, которые целесообразно использовать для разработки конкретных конструкций.

Вторые степени варьируемых переменных говорят об экстремальном характере полученных моделей и вызывают необходимость исследования характера монотонности функций отклика, что сделано графически (рисунок 2).

Точное определение области экстремума, то есть значений, изменяемых параметров, при которых достигается максимальное качество измельчения, определяется дифференцированием полученного уравнения и проверкой критерия Сильвестра.

$$\text{Для } Y_1 \text{ из равенств } \partial Y_1 / \partial X_1 = \partial Y_1 / \partial X_2 = 0 \text{ имеем: } (\Delta/h) = 0,7455 \text{ и } (\eta) = 0,0868 \quad (7)$$

$$\text{Для } Y_2 \text{ из равенств } \partial Y_2 / \partial X_1 = \partial Y_2 / \partial X_2 = 0 \text{ имеем: } (\Delta/h) = 0,7262 \text{ и } (\eta) = 0,0947 \quad (8)$$

При использовании полос $h = 10$ мм экстремум по качеству измельчения должен быть

достигнут при $\Delta = 7,4-7,3$ мм и содержании абразива $\eta = 8,5-9,5$ %.

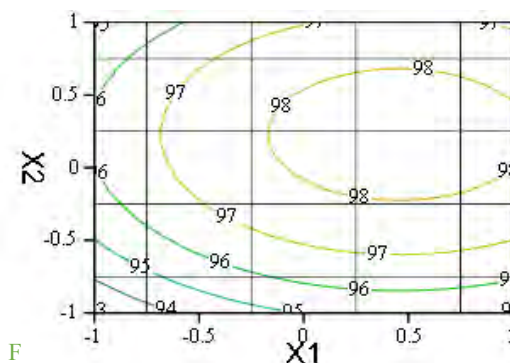


Рисунок 2. Характер экстремума функции качества Y_1 (от параметров $X_1 = \Delta/h$ и $X_2 = \eta$)

Характер монотонности, судя по знакам при квадратичных членах, для обеих функций отклика аналогичен.

Проведенные эксперименты подтвердили целесообразность абразивно-импульсного воздействия на обрабатываемые гидробионты и позволяют включить соответствующий измельчитель в число аппаратов для реализации технологического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1 Верболоз Е.И., Алексеев Г.В. Безопасность высокоминерализованной пастообразной продукции из рыбьего фарша. // Материалы конгресса «Политика здорового питания в России», Москва 12-14 ноября 2003 г., VII Всероссийский конгресс. 2003. С. 31-34.

2 Верболоз Е.И., Алексеев Г.В. Современные тенденции совершенствования процессов первичной обработки гидробионтов // Тез.докл. 30-я научно-практическая конференция по итогам НИР за 2003 год, Санкт-Петербург, 22-26 марта. 2004. С. 9.

3 Kireeva M.S., Markina V.Yu. Development of technology for gluten-free confectionery based on full-fat meal from flax seeds // 3rd International Symposium on Gluten-Free Cereal Products and Beverages (12-14 June 2013 Vienna, Austria). 2013. P. 26.

4 Uberzug der Arbeitsorgane einer Maschine zur Bearbeitung von Knollen- und Wurzelfrüchten/ Алексеев Г.В., Грекова И.В. Европейская заявка на патент EP 0 403652 A1. Гаага, 1989

5 Киреева М.С., Алексеев Г.В. Реология бездрожжевого бисквитного теста на основе полножирной муки из семян льна различных сортов // Хлебопродукты. 2014. №1.

6 Верболоз Е.И., Арет В.А., Алексеев Г.В., Кондратов А.В. Возможности управления процессом измельчения путем изменения структурно-механических свойств пищевой смеси // Известия Санкт-Петербургского государственного университета низкотемпературных и пищевых технологий. 2008. № 4. С. 54-58.

Таким образом, выполненные предварительные проработки технологии получения полуфабриката для корпуса и устройства для бланкирования гидробионтов после экспериментальной проверки абразивного измельчителя подтвердили возможность изготовления нового продукта питания при выборе специальных режимов для его экстракции.

7 Пат. РФ № 2260385 Бланширователь для консервирования / Алексеев Г.В., Тарасов Е.Н.; Бюлл. №8, 2005.

8 Верболоз Е.И., Алексеев Г.В. Исследование пастообразной продукции на основе высокоминерализованного рыбного фарша. // Материалы II Международной научно-технической конференции. Воронеж, 22-24 сентября. 2004.

9 Верболоз Е.И., Алексеев Г.В. Высокоминерализованный пастообразный рыбный продукт // «Гастро-2004», 6-й Международный Славяно-Балтийский научный форум, 13 – 16 сентября. 2004.

10 Арет В.А. Реологические основы расчета оборудования производства жиросодержащих пищевых продуктов. Учеб. пособие. СПб.: С.-Петерб. гос ун-т низкотемператур. и пищевых технологий, 2004.

11 Алексеев Г.В., Кондратов А.В. О модели развития кавитационной полости при измельчении пищевого сырья // Хранение и переработка сельхозсырья. 2008. № 2. С. 38.

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

13 Пат. РФ №2239339 Рабочий орган для очистки и измельчения пищевого сырья / Алексеев Г.В., Иванова А.С.; Бюлл. №10, 2004.

14 Алексеев Г.В., Бриденко И.И. Виртуальный лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа». Учебное пособие. ГИОРД, СПб, 2007

15 Алексеев Г.В., Кондратов А.В. Перспективы применения кавитационного воздействия для измельчения пищевых продуктов. Монография. Саратов, 2013.

16 Алексеев Г.В., Вороненко Б.А., Гончаров М.В., Холявин И.И. Численные методы при моделировании технологических машин и оборудования: учебное пособие. СПб, 2014.

REFERENCES

1 Verboloz E.I., Alekseev G.V. Safety of highly mineralized paste products from fish meat. Materialy kongressa «Politika zdorovogo pitaniya v Rossii», Moskva 12-14 noyabrja 2003, VII Vse-rossiiskii kongress [Proceedings of the Congress' policy of healthy nutrition in Russia "]. Moscow, 2003, pp. 31-34. (In Russ.).

2 Verboloz E.I., Alekseev G.V. Sovremennye tendencii sovershenstvovaniya protsessov pervichnoi obrabotki gidrobiontov. 30 nauchno-prakticheskaya konferentsiya po itogam NIR za 2003. Sent-Petersburg, 2004, pp. 9. (In Russ.).

3 Kireeva M.S., Markina V.Y. Development of technology for gluten-free confectionery based on full-fat meal from flax seeds // 3rd International Symposium on Gluten-Free Cereal Products and Beverages, 12-14 June 2013. Vienna, 2013, pp. 26.

4 Alekseev G.V., Grekova I.V. Uberzug der Arbeitsorgane einer Maschine zur Bearbeitung von Knollen- und Wurzelfrüchten. Patent Euro no. 0 403652 A1, 1989.

5 Kireeva M.S., Alekseev G.V. Reologiya bezdrozhzhevogo biskvitnogo testa na osnove polnozhiirnoi muki iz semjyan l'na razlichnyh sortov. *Khleboprodukty*. [Bakery], 2014, no. 1. (In Russ.).

6 Verboloz E.I., Aret V.A., Alekseev G.V., Kondratov A.V. Vozmozhnosti upravleniya processom izmel'cheniya putem izmeneniya strukturno-mehanicheskikh svoystv pishchevoi smesi.

Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta nizkotemperaturnykh i pishhevyyh tehnologij, 2008, no. 4, pp. 54-58. (In Russ.).

7 Alekseev G.V., Tarasov E.N. Blansirovatel' dlya konservirovaniya. Patent RF no. 2260385, 2005. (In Russ.).

8 Verboloz E.I., Alekseev G.V. Issledovanie pastoobraznoi produktsii na osnove vysokomineralizovannogo rybnogo farsha. Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii. Voronezh, 2004. (In Russ.).

9 Verboloz E.I., Alekseev G.V. Vysokomineralizovannyy pastoobraznyy rybnyy product. «Gastro-2004», 6-j Mezhdunarodnyi Slavyano-Baltiiskii nauchnyi forum, 2004. (In Russ.).

10 Aret V.A. Reologicheskie osnovy rascheta oborudovaniya proizvodstva zhirosoderzhashchikh pishchevykh produktov. Sent-Petersburg, 2004. (In Russ.).

11 Alekseev G.V., Kondratov A.V. O modeli razvitiya kavitatsionnoi polosti pri izmel'chenii pishhevogo syr'ya. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agriculture raw materials], 2008, no. 2, pp. 38. (In Russ.).

12 Alekseev G.V., Grishanova (Danilenko) E.A., Kondratov A.V., Goncharov M.V. Vozmozhnosti realizatsii effektivov kavitatsii dlya izmel'cheniya pishhevogo syr'ya. *Vestnik Mezhdunarodnoj akade-mii holoda*, 2012, no. 3, pp. 45-47. (In Russ.).

13 Alekseev G.V., Ivanova A.S. Rabochi organ dlya ochistki i izmel'cheniya pishhevogo syr'ya. Patent RF no. 2239339, 2004. (In Russ.).

14 Alekseev G.V., Bridenko I.I. Virtual'nyi laboratornyi praktikum po kursu «Mekhanika zhidkosti i gaza». Uchebnoe posobie. GIORД, St. Petersburg, 2007 (In Russ.).

15 Alekseev G.V., Kondratov A.V. Perspektivy primeneniya kavitatsionnogo vozdeistviia dlya izmel'cheniya pishchevykh produktov. Saratov, 2013. (In Russ.).

16 Alekseev G.V., Voronenko B.A., Goncharov M.V., Kholyavin I.I. Chislennye metody pri modeli-rovanii tehnologicheskikh mashin i oborudovaniya. Sent-Petersburg, 2014. (In Russ.).

УДК 664.8 : 95 + 66-93

Заведующий кафедрой В.А. Похольченко

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

E-mail: pokholchenkova@mstu.edu.ru

главный научный сотрудник А.М. Ершов,

старший научный сотрудник М.А. Ершов

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

E-mail: ershovma@mstu.edu.ru

Head of the department V.A. Pokhol'chenko

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

E-mail: pokholchenkova@mstu.edu.ru

chief researcher A.M. Ershov, senior scientist M.A. Ershov

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

E-mail: ershovma@mstu.edu.ru

Особенности обобщения подобных явлений в процессах тепловой обработки рыбы

Peculiarities of generalization of similar phenomena in the process of fish heat treatment

Реферат. Рассмотрены теоретические предпосылки возможности обобщения и выявления подобия в процессах обезвоживания и нагрева влажных материалов. Предложено проводить обобщение данных процессов на базе безразмерных чисел подобия. При глубоком анализе закономерностей протекания процессов холодной, полугорячей, горячей сушки (копчения) и обжаривания рыбы удалось значительное количество полученного опытного материала обобщить на базе безразмерных симплексов. Применение чисел подобия позволило выявить для описания изучаемых явлений ряд несложных математических моделей. Разработаны обобщенные кинетические зависимости обезвоживания рыбы, обобщенные динамические зависимости (изменения коэффициентов диффузии влаги), обобщенные кинетические модели нагрева рыбы (изменения температурного поля по толщине продукта, температуры среднеобъемной и в центре продукта). Полученные обобщенные математические зависимости учитывают также взаимосвязь процессов обезвоживания и нагрева при полугорачем, горячем копчении (сушке) и обжаривании. Приведена взаимосвязь полученных результатов с физической сущностью процессов обезвоживания, включая изменение энергии связи влаги с материалом по мере протекания процесса, а также влияние усадки продукта на скорость удаления влаги. Приведены факторы, оказывающие влияние на изменение внутренней структуры и свойств материала, замедляющие процесс обезвоживания. Отмечена зависимость темпа нагрева рыбных продуктов от химического состава, геометрических размеров объекта нагрева и от режимных параметров теплоносителя. Открыта уникальная возможность при использовании обобщенных моделей, в сочетании с полученными эмпирическим путем уравнениями и разработанными методиками инженерного расчета данных процессов, проектировать рациональные режимы тепловой обработки сырья и оптимизировать работу теплового оборудования.

Summary. The theoretical presuppositions for the possibility of generalizing and similarity founding in dehydration and wet materials heating processes are studied in this article. It is offered to carry out the given processes generalization by using dimensionless numbers of similarity. At the detailed analyzing of regularities of heat treatment processes of fish in different modes a significant amount of experienced material was successfully generalized on the basis of dimensionless simplex (similarity numbers). Using the dimensionless simplex allowed to detect a number of simple mathematical models for the studied phenomena. The generalized kinetic models of fish dehydration, the generalized dynamic models (changing moisture diffusion coefficients), the generalized kinetic models of fish heating (the temperature field changing in the products thickness, average volume and center) were founded. These generalized mathematical models showed also relationship of dehydration and heating at the processes of fish semi-hot, hot smoking (drying) and frying. The relationship of the results from the physical nature of the dehydration process, including a change in the binding energy of the moisture with the material to the extent of the process and the shrinkage impact on the rate of the product moisture removal is given in the article. The factors influencing the internal structure and properties of the raw material changing and retarding the dehydration processes are described there. There was a heating rate dependence of fish products on the chemical composition the geometric dimensions of the object of heating and on the coolant regime parameters. A unique opportunity is opened by using the generalized models, combined with empirically derived equations and the technique of engineering calculation of these processes, to design a rational modes of heat treatment of raw materials and to optimize the performance of thermal equipment.

Ключевые слова: обезвоживание, сушка, копчение, обжаривание, режимные параметры, диффузия влаги, критическая влажность, обобщенная зависимость, число подобия, безразмерный симплекс.

Keywords: dehydration, drying, smoking, frying, operating parameters, moisture diffusion, critical moisture content, generalized dependence, similarity number, dimensionless simplex.

© Похольченко В.А., Ершов А.М., Ершов М.А., 2015

При разработке приближенных расчетных методик определения кинетики сушки, основанных на общих закономерностях процессов импульс интенсивного развития отражен в работах таких известных ученых прошлого века, как Лыков А.В., Гинзбург А.С. [1, 2] и др.

Исследования основывались на использовании теории подобия, где доказывается, что подобные явления характеризуются числами подобия, величина которых характеризует сложившиеся соотношения между взаимодействующими факторами [3]. В теории подобия доказывается, что в подобных явлениях может быть найден определенный набор безразмерных чисел подобия. Каждый процесс характеризуется уравнением подобия, включающим ряд чисел подобия в определенных соотношениях между собой. Такое уравнение представляет собой, по сути, математическую модель процесса.

Из теории сушки известно, что иногда применяются числа подобия, имеющие ту или иную размерность, однако и они могут быть использованы для построения кривых кинетики сушки в обобщенном виде [1, 2, 3].

Обобщение множества подобных явлений обезвоживания в процессах вяления, холодного, полугорячего, горячего копчения, а также обжаривания рыбы нами предлагается проводить на базе следующих безразмерных чисел подобия [4, 5, 6]:

$$\frac{\omega}{\omega_{k1}}, \frac{\omega}{\omega_{k1} \omega_{k2}}, \frac{\tau}{\tau_{k1}}, \frac{\tau}{\tau_{k1} \tau_{k2}}, \frac{a_m}{a_{m_{k1}}}, \frac{a_m}{a_{m_{k2}}}, \quad (1)$$

где τ_{k1} - продолжительность обезвоживания от начальной влажности ω_0 до влажности в ω_{k1} первой критической точки K_1 на кривой кинетики обезвоживания (рисунок 1); τ_{k2} - продолжительность обезвоживания от первой критической точки K_1 с влажностью ω_{k1} до второй критической точки K_2 с влажностью на ω_{k2} кривой кинетики обезвоживания (рисунок 1); $a_{m_{k1}}$, $a_{m_{k2}}$ - коэффициенты потенциалопроводности влагопереноса в точках K_1 и K_2 на кривой кинетики обезвоживания; τ , ω , a_m - текущие значения продолжительности обезвоживания, влажности, коэффициента потенциалопроводности влагопереноса, соответственно. Здесь влажности ω , ω_{k1} , ω_{k2} рассматриваются как количество влаги в рыбе, отнесенное к массе сухого вещества, %.

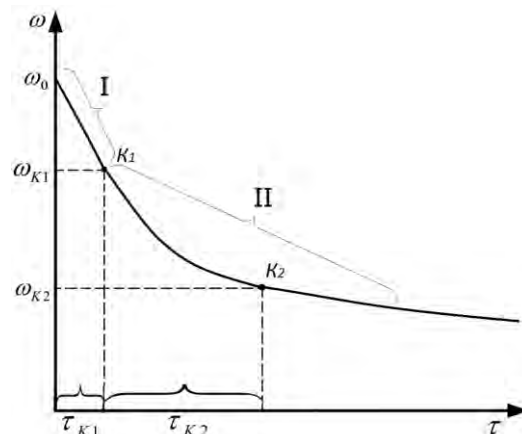


Рисунок 1. Кривая кинетики обезвоживания: I – период постоянной скорости обезвоживания (период разогрева из-за его малости не учтен); II – период падающей скорости обезвоживания

Используя представленные числа подобия, были найдены математические модели кинетики обезвоживания рыбы в указанных выше процессах [6]:

а) для процесса обжаривания:

$$\tau = \tau_{k1} + \sqrt{\tau_{k1} \cdot \tau_{k2} \exp \left[\frac{1}{b} \left(a - \frac{\omega}{\omega_{k1}} \right) \right]}, \quad (2)$$

где a и b – коэффициенты ($a=0,946$, $b=0,048$ при обезвоживании в пределах от ω_{k1} , ω_{k2} ; $a=0,982$, $b=0,098$ при обезвоживании в от ω_{k2} до конечной влажности ω_k);

б) для процессов вяления и холодного копчения:

$$\tau = \left[\tau_{k1} \cdot \tau_{k2} \exp \left(6,84 - 6,3 \frac{\omega}{\omega_{k1} \omega_{k2}} \right) \right]^{0,5}, \quad (3)$$

в) для процессов полугорячего и горячего копчения:

$$\tau = \left\{ \tau_{k1} \cdot \tau_{k2} \exp \left[3,99 - 3,88 \left(\frac{\omega}{\omega_{k1} \omega_{k2}} \right)^2 \right] \right\}^{0,5}. \quad (4)$$

В выражении (2) была использована для обобщения процесса зависимость $\frac{\omega}{\omega_{k1}} = \varphi \left(\frac{\tau}{\tau_{k1} \tau_{k2}} \right)$,

а в уравнениях (3) и (4) - $\frac{\omega}{\omega_{k1} \omega_{k2}} = f \left(\frac{\tau}{\tau_{k1} \tau_{k2}} \right)$.

Последняя на примере уравнения (4) приведена на рисунке 2, из которого видно, что экспериментальные точки, полученные при исследовании закономерностей обезвоживания в процессах горячего и полугорячего копчения (сушки), расположены вокруг одной кривой [4]. Критерий Фишера при этом составляет более 2400, значимость числовых

коэффициентов - примерно 100 %, что позволяет утверждать о взаимосвязи данных величин.

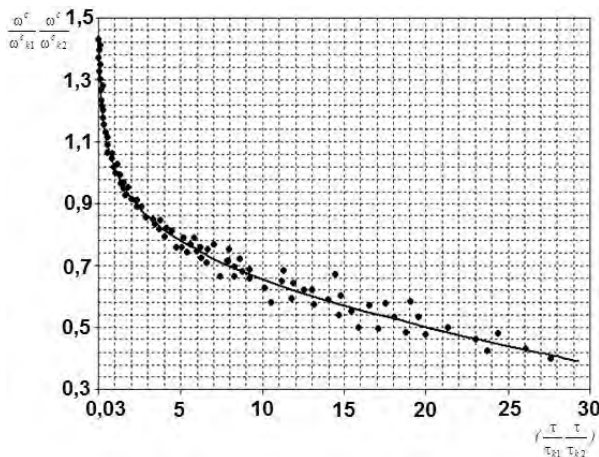


Рисунок 2. Зависимость $\frac{\omega^c_{k1}}{\omega^c_{k2}} = f\left(\frac{\tau_{k1}}{\tau_{k2}}\right)$

Используя числа подобия $\frac{a_m}{a_{m_{k1}}}$ и $\frac{\omega}{\omega_{k1}}$, нами было получено уравнение обобщенной зависимости коэффициентов потенциалопроводности массопереноса для процессов вяления и холодного копчения:

$$a_m = \left[a_{m_{k1}} \cdot a_{m_{k2}} \exp\left(6,32 \frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}} - 6,36\right) \right]^{0,5} \quad (5)$$

Если найти произведение $\tau_{k1} \cdot \tau_{k2}$ в выражениях (2)-(4) или $a_{m_{k1}} \cdot a_{m_{k2}}$ в (5), то представляется возможным находить конкретные зависимости $\omega = f(\tau)$ или $a_m = f(\omega)$ в процессе вяления и холодного копчения.

Представляет интерес, а возможно ли обобщение коэффициентов диффузии влаги в процессах вяления, холодного, полугорячего и горячего копчения, а также обжаривания одной обобщенной зависимостью $\frac{a_m}{a_{m_{k1}}} \frac{a_m}{a_{m_{k2}}} = \psi\left(\frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}}\right)$.

Данная зависимость приведена на рисунке 3. Множество экспериментальных точек, как видно из рисунка, лежит вокруг одной кривой. Критерий Фишера достаточно высок, более 640, что свидетельствует о том, что эти величины взаимосвязаны. Математически кривую, приведенную на рисунке 3, можно выразить следующим уравнением:

$$\frac{a_m}{a_{m_{k1}}} \frac{a_m}{a_{m_{k2}}} = 3,5 \cdot 10^{-3} \exp\left(5,73 \frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}}\right) \quad (6)$$

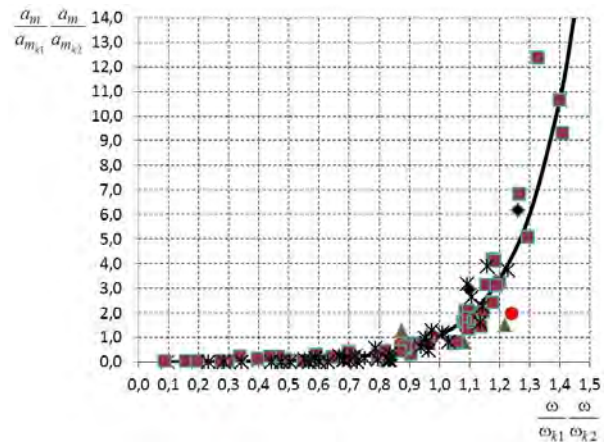


Рисунок 3. Зависимость $\frac{a_m}{a_{m_{k1}}} \frac{a_m}{a_{m_{k2}}} = \psi\left(\frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}}\right)$

Критические влажности ω_{k1} и ω_{k2} при обезвоживании рыбы не зависят от режимных параметров, геометрических размеров ее, способа или метода энергоподвода. Они зависят в основном от ее химического состава.

В рыбе из всех химических соединений преобладает вода, поэтому предпочтительно найти изменение критических влажностей от начального содержания влаги ω_0 , %. Эта зависимость статистически достоверно выражается следующими выражениями [6]:

$$\omega_{k1} = 1,069 \omega_0^{0,969}; \quad (7)$$

$$\omega_{k2} = 0,784 \omega_0 + 2. \quad (8)$$

Чтобы найти произведение $\tau_{k1} \cdot \tau_{k2}$ из выражения (2), необходимо сначала найти τ_{k1} из выражения:

$$\tau_{k1} = \frac{\omega_0 - \omega_{k1}}{N}, \quad (9)$$

здесь N - скорость обезвоживания в первый период тепловой обработки рыбы (период постоянной скорости обезвоживания). Остальные обозначения известны.

Для определения скорости обезвоживания N в процессах обжаривания [6] предложено следующее эмпирическое выражение:

$$N = -36,6 + 0,18 \omega_0 + 63,5 \left(\frac{S}{m} - 0,171 \right) + 0,67(T_m - 423) \quad (10)$$

где ω_0 - начальная влажность рыбы на сухую массу, %; S/m - удельная поверхность

рыбы, м²/кг; T_m - температура масла при обжаривании, К.

Пределы применения уравнения (10):
 $230 \leq \omega_0 \leq 430\%$; $0,12 \leq S/m \leq 0,234$ м²/кг;
 $403 \leq T_m \leq 463\text{K}$;

Продолжительность обезвоживания τ_{k2} от ω_{k1} до ω_{k2} находим из следующего выражения:

$$\tau_{k2} = \tau_{k1} \exp\left(\frac{1}{0,098} \left(0,982 - \frac{\omega_{k2}}{\omega_{k1}}\right)\right). \quad (11)$$

Для определения произведения $\tau_{k1} \cdot \tau_{k2}$ в выражении (3) необходимо найти влажность рыбы через 24, 48 или 6 часов обезвоживания и подставить эти значения τ и ω в уравнение (3).

Значения ω и τ находим из уравнений:

$$\omega_{(\tau=24)} = \omega_1 - 3,024 X_p^{0,25} (\omega_0^o - 50) \left(10 \frac{S}{m} - 0,6\right)^{0,5}, \quad (12)$$

$$\omega_{(\tau=48)} = \omega_1 - 3,792 X_p^{0,25} (\omega_0^o - 50) \left(10 \frac{S}{m} - 0,6\right)^{0,5}, \quad (13)$$

$$\omega_{(\tau=6)} = \omega_1 - \frac{1,158 X_p^{0,25} (\omega_0^o - 50)}{1 - 1,591 \frac{S}{m} + 0,848 \left(\frac{S}{m}\right)^2}, \quad (14)$$

здесь $X_p = \bar{t} \left(1 - \frac{\bar{\varphi}}{100}\right)$ - жесткость режима ($\bar{t}$ - средняя температура, °С и $\bar{\varphi}$ - средняя относительная влажность, %, за процесс); S/m - удельная поверхность рыбы, м²/кг; ω_0^o - начальная влажность рыбы на общую массу, %.

Выражения (12) и (13) справедливы при выполнении следующих условий:

$$68 \leq \omega_0^o \leq 78\%; \quad 0,11 \leq S/m \leq 0,23 \text{ м}^2/\text{кг}; \\ 5 \leq X_p \leq 22.$$

Область применения уравнения (14) лежит в пределах:

$$68 \leq \omega_0^o \leq 78\%; \quad 0,23 \leq S/m \leq 0,73 \text{ м}^2/\text{кг}; \\ 5 \leq X_p \leq 22.$$

Определяя продолжительность обезвоживания в процессах полугорячего и горячего копчения [6] из выражения (9), необходимо найти скорость обезвоживания в первый период $N = \psi(\omega_0, S/m, X_p, v)$, где ω_0 - начальная влажность рыбы, %; S/m - удельная поверхность рыбы, м²/кг; X_p - жесткость режима; v - скорость движения сушильного агента, м/с.

Для жирных видов рыб:

$$N = 1,0 + 0,016(\omega_0 - 180) + 24,2(S/m - 0,185) + 0,131(X_p - 30) + 0,350(v - 2,0). \quad (15)$$

Предел применимости уравнения (15):

$$180 \leq \omega_0 \leq 300\%; \quad 0,19 \leq S/m \leq 0,34 \text{ м}^2/\text{кг}; \\ 30,25 \leq X_p \leq 52,50; \quad 2 \leq v \leq 10 \text{ м}/\text{с}.$$

Для тощих видов рыб:

$$N = 2,9 + 0,016(\omega_0 - 300) + 24,2(S/m - 0,185) + 0,131(X_p - 30) + 0,350(v - 2,0) \quad (16)$$

Предел применимости (16):

$$300 \leq \omega_0 \leq 500\%; \quad 0,19 \leq S/m \leq 0,34 \text{ м}^2/\text{кг}; \\ 30,25 \leq X_p \leq 52,50; \quad 2 \leq v \leq 10 \text{ м}/\text{с}.$$

Продолжительность обезвоживания τ_{k2} от первой критической точки K_1 до второй критической точки K_2 находим из выражения:

$$\tau_{k2} = \frac{\tau_{k1}}{\exp[3,968 - 3,883(\omega_{k1}/\omega_{k2})^2]}. \quad (19)$$

Подставив τ_{k1} и τ_{k2} в уравнение (4), можно построить конкретную кривую кинетики обезвоживания при полугорячем и горячем копчении рыбы.

Для определения произведения $a_{mk1} \cdot a_{mk2}$ необходимо найти экспериментальным путем одно значение коэффициента потенциалопроводности масопереноса a_m при конкретной влажности ω и подставить эти значения в уравнение (5) для вяления и холодного копчения или в (6) - для всех рассматриваемых процессов.

Таким образом, уравнения (2)-(6) являются обобщенными выражениями множества зависимостей $\omega = f(\tau)$ и $a_m = \psi(\omega)$.

Физическая сущность процессов обезвоживания состоит в следующем.

На кривых кинетики обезвоживания рыбы имеются критические точки K_1 и K_2 . Критическая точка K_1 характеризует завершение удаления влаги, удерживаемой на поверхности рыбы силами поверхностного натяжения, влаги макрокапилляров и осмотически связанной. Эти виды влаги имеют наименьшую энергию связи с материалом, поэтому и удаляются в первую очередь. Обычно в капиллярно-пористых коллоидных телах вторая критическая точка возникает при переходе от удаления микрокапиллярной влаги к адсорбционно связанной. Однако адсорбционно связанной влаги в рыбе содержится не более 10 % от общей массы. Конечная же влажность в процессах вяления, холодного, полугорячего, горячего копчения и обжаривания значительно выше. Так почему же при удалении влаги микрокапилляров на кривых кинетики обезвоживания имеет место критическая точка K_2 , которая характерна для случая перехода от удаления влаги с меньшей энергией связи к удалению таковой с большей энергией связи с материалом? При изучении изменения радиуса микрокапил-

ляров в процессе обезвоживания установлено, что радиус капилляров по мере обезвоживания может уменьшаться в 5-7 раз [2, 4, 6]. А чем меньше радиус капилляров, тем выше энергия связи с материалом. Поэтому при достижении в точке K_2 критической влажности ω_{k2} происходит уплотнение продукта и, следовательно, уменьшаются размеры микрокапилляров, особенно в приповерхностных слоях продукта. То есть, в данном случае, τ_{k2} характеризует изменение внутренней структуры материала, его внутренних свойств. Это изменение оказывает влияние на замедление процесса обезвоживания.

Продолжительность обезвоживания τ_{k1} до первой критической влажности ω_{k1} обратно пропорциональна скорости обезвоживания N в период постоянной скорости обезвоживания $\tau_{k1} = \varphi(1/N)$. В свою очередь, скорость обезвоживания N зависит от химического состава продукта (в данном случае от ω_0^o), геометрических размеров тела и режимных параметров сушильного агента. Следовательно, и продолжительность τ_{k1} зависит от всех перечисленных выше факторов.

Из изложенного можно сделать следующий вывод: продолжительность обезвоживания τ_{k1} от начальной влажности ω_0 до первой критической влажности ω_{k1} характеризует влияние на интенсивность процесса обезвоживания химического состава, геометрических размеров тела и параметров сушильного агента, а продолжительность обезвоживания τ_{k2} от первой критической влажности ω_{k1} до второй критической влажности ω_{k2} косвенно учитывает влияние на скорость процесса изменение внутренних свойств материала.

Из уравнений (7), (8) очевидно, что критические влажности ω_{k1} и ω_{k2} являются функцией начальной влажности ω_0 , с другой стороны, ω_{k1} и τ_{k1} , ω_{k2} и τ_{k2} на кривых кинетики обезвоживания являются координатами критических точек K_1 и K_2 , характеризующих влияние режимных параметров, геометрических размеров тела и химического состава, а также изменения внутренних свойств продукта на скорость обезвоживания.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что использование безразмерных чисел подобия на базе (1) в анализе обезвоживания рыбы при ее тепловой обработке позволяет получать достаточно простые математические модели. В сочетании с уравнениями, найденными эмпирическим путем, эти математические модели открыва-

ют уникальную возможность нахождения кривых кинетики обезвоживания расчетным путем.

В тепловых процессах, таких как обжаривание, полугорячее и горячее копчение [6], важно иметь представление о том, как нагревается продукт, с какой скоростью, каковы расходы тепла на процесс, когда наступает кулинарная готовность.

То есть необходимо знать изменения температурного поля по толщине продукта и как изменяются температуры среднеобъемная и в центре продукта.

Темпы нагрева рыбных продуктов в тепловых процессах также зависят от химического состава, геометрических размеров нагреваемого тела и режимных параметров воздействующей на них греющей среды.

Обычно при тепловой обработке пищевых и рыбных продуктов процессы нагрева и обезвоживания взаимосвязаны и оказывают влияние друг на друга. Поэтому следующие безразмерные числа подобия, вероятно, могут быть применены и при выявлении обобщенных кинетических уравнений нагревания рыбы:

$$\frac{T}{T_{k1}} \frac{T}{T_{k2}}; \frac{T_y}{T_{k1}} \frac{T_y}{T_{k2}}; \frac{\tau}{\tau_{k1}} \frac{\tau}{\tau_{k2}}; \frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}}, \quad (15)$$

здесь T – текущая среднеобъемная температура, К; T_y – температура в центре изделия, К; T_{k1} , T_{k2} – среднеобъемные температуры в критических точках K_1 и K_2 кривой обезвоживания, К. Остальные обозначения известны.

Действительно, построив в обобщенных координатах изменение среднеобъемной температуры от степени обезвоживания при обжаривании рыбы и полугорячем копчении ее, все точки статистически достоверно можно отобразить

одной зависимостью $\frac{T}{T_{k1}} \frac{T}{T_{k2}} = \psi\left(\frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}}\right)$, приведенной на рисунке 4.

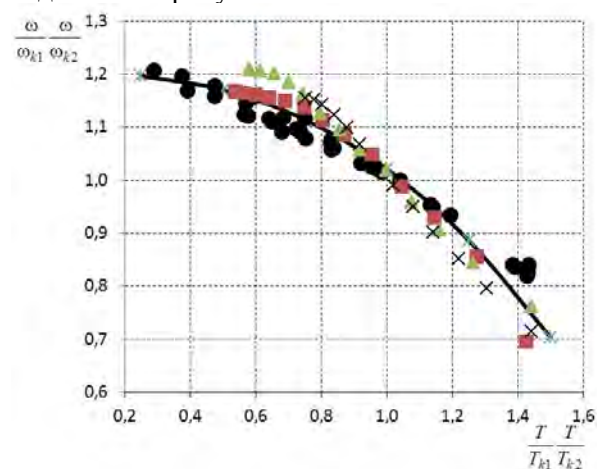


Рисунок 4. Зависимость $\frac{T}{T_{k1}} \frac{T}{T_{k2}} = \psi\left(\frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}}\right)$

На рисунке 5 приведена кривая кинетики нагрева в обобщенных координатах:

$$\frac{T}{T_{k1}} \frac{T}{T_{k2}} = \varphi\left(\frac{\tau}{\tau_{k1}} \frac{\tau}{\tau_{k2}}\right).$$

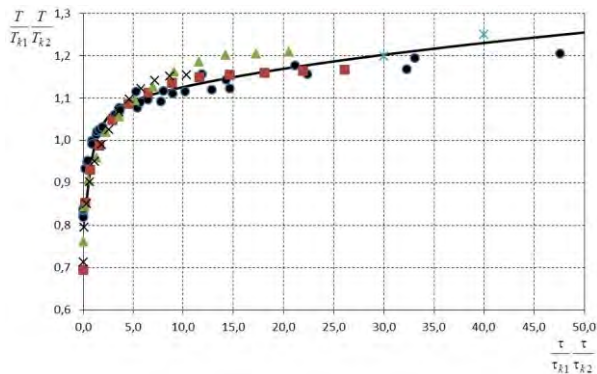


Рисунок 5. Зависимость $\frac{T}{T_{k1}} \frac{T}{T_{k2}} = \varphi\left(\frac{\tau}{\tau_{k1}} \frac{\tau}{\tau_{k2}}\right)$

Статистически достоверно, что множество кривых кинетики нагрева разных процессов сведены в одну обобщенную кривую.

Математические модели нагрева рыбы в обобщенном виде представляются достаточно несложными уравнениями:

$$\frac{T}{T_{k1}} \frac{T}{T_{k2}} = 1,202 - 0,181 \left(\frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}} \right)^{2,5} ; \quad (17)$$

$$\frac{T}{T_{k1}} \frac{T}{T_{k2}} = 1,022 + 0,033 \left(\frac{\tau}{\tau_{k1}} \frac{\tau}{\tau_{k2}} \right)^{0,5} - 0,222 \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_{k1}} \frac{\tau}{\tau_{k2}}\right). \quad (18)$$

Критерий Фишера для уравнения (17) составляет 1059, а для зависимости (18) – 583. То есть имеет место существенная связь между величинами в обоих уравнениях.

Для многих тепловых процессов необходимо знать температуры в центре продукта от продолжительности процесса (обобщенная зависимость приведена на рисунок 6).

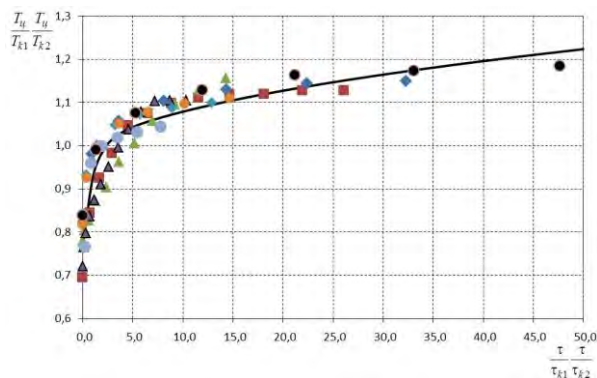


Рисунок 6. Изменение безразмерной температуры в центре продукта от продолжительности процесса

Кроме того, зависимость температуры в центре продукта от степени его обезвоживания также можно отобразить одной зависимостью (представлена на рисунок 7).

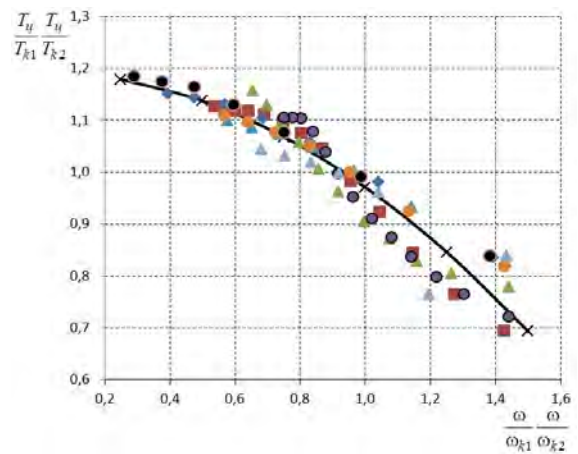


Рисунок 7. Изменение безразмерной температуры в центре продукта от степени обезвоживания

Математическая модель нагрева центральных слоев образцов рыбы в обобщенных координатах, изображенная на рисунок 6, выглядит следующим образом:

$$\frac{T_u}{T_{k1}} \frac{T_u}{T_{k2}} = 0,962 + 0,037 \left(\frac{\tau}{\tau_{k1}} \frac{\tau}{\tau_{k2}} \right)^{0,5} - 0,193 \exp\left(-\frac{\tau}{\tau_{k1}} \frac{\tau}{\tau_{k2}}\right) \quad (19)$$

Математическая модель зависимости, изображенной на рисунок 7, выглядит следующим образом:

$$\frac{T_u}{T_{k1}} \frac{T_u}{T_{k2}} = 1,193 - 0,222 \left(\frac{\omega}{\omega_{k1}} \frac{\omega}{\omega_{k2}} \right)^2. \quad (20)$$

Критерии Фишера также достаточно высоки. Для процессов, изображенных на рисунке 6, он составляет более 382, а для множества процессов, которые описываются одним обобщенным уравнением (20), критерий Фишера равен 607.

В представленных выше уравнениях нахождение произведений $\tau_{k1} \cdot \tau_{k2}$ и $\omega_{k1} \cdot \omega_{k2}$ уже рассмотрено в данной работе.

Нахождение произведения $T_{k1} \cdot T_{k2}$ нами разобрано в более ранних работах [6]:

$$T_{k1} = T_0 - b_1(\omega_0 - \omega_{k1}), \quad (21)$$

$$T_{k2} = T_{k1} - b_2(\omega_{k1} - \omega_{k2}),$$

где T_0 , T_{k1} , T_{k2} – среднееобъемные температуры изделия в начале нагревания и при достижении критических влажностей ω_{k1} и ω_{k2} , соответственно, К; ω_0 , ω_{k1} , ω_{k2} – начальная, первая и вторая критические влажности, соответственно, %; b_1 , b_2 – температурные коэффициенты температурной кривой.

Для процессов обжаривания:

$$b_1 = 0,909 + 0,47(\tau_{k1} - 1,5) + 0,215(\tau_{k1} - 1,5)(\tau_{k1} - 2), \quad (22)$$

$$b_2 = 0,59 + 0,1033(\tau_{k1} - 1,1), \quad (23)$$

$$b_3 = 0,578\tau_{k1}^{-0,678} \quad (24)$$

Выражения (21)-(24) применимы в пределах от 1,1 мин. $\leq \tau_{k1} \leq 2,5$ мин.

Для процессов полугорячего копчения:

$$b_1 = 2,58 \cdot 0,736^{\tau_{kl}}, \quad (25)$$

$$b_2 = 1,88 \cdot 0,740^{\tau_{kl}}, \quad (26)$$

$$b_3 = 0,095 \exp(3,447 / \tau_{k1}) \quad (27)$$

Область применения уравнений (25)-(27) лежит в пределах 2,5 мин. $\leq \tau_{k1} \leq 7,5$ мин.

ЛИТЕРАТУРА

1 Лыков А.В. Теория сушки. М.: Энергия, 1968. 472 с.

2 Гинзбург А.С., Савина И.М. Массовлагодобменные характеристики пищевых продуктов. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. 280 с.

3 Стабников В.Н. Процессы и аппараты пищевых производств. М.: Пищевая промышленность, 1976. 664 с.

4 Ершов А.М., Похольченко В.А., Аминов В.А. Адаптация процессов сушки и копчения к современным аппаратам рыбоперерабатывающих производств // Рыбное хозяйство. 2013. № 6. С. 108-110.

5 Похольченко В.А., Ершов М.А. Повышение энергоэффективности процессов обезвоживания при производстве копченой, вяленой рыбы и полуфабриката для консервов // Научное обозрение. 2012. № 6. С. 164 – 170.

6 Похольченко В.А., Ершов А.М., Ершов М.А. Кинетика процессов обезвоживания и нагрева рыбы при обжаривании, полугорячем и горячем копчении // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1. С. 31-35.

Методика нахождения $\tau_{k1} \cdot \tau_{k2}$ приведена выше.

Установлены обобщенные кинетические и динамические закономерности обезвоживания и нагрева рыбы в процессах вяления, холодного, полугорячего, горячего копчения и обжаривания. Полученные обобщенные математические модели, в сочетании с найденными эмпирическим путем уравнениями, открывают уникальную возможность расчета кинетики и динамики обезвоживания рыбы с разработкой оптимальных режимов тепловой обработки продуктов для конкретных промышленных установок.

REFERENCES

1 Lykov A.V. Teoriya sushki [Drying theory]. Moscow, Energiia, 1968, 472 p. (In Russ.)

2 Ginzburg A.S., Savina I.M. Massovlagoodbmennye charakteristiki pishchevykh produktov [Mass- and moisture exchange characteristics of food products]. Moscow, Legkaya i Pishchevaya Promyshlennost', 1982, 280 p. (In Russ.)

3 Stabnikov V.N. Protcessy i apparty pishchevoi promyshlennosti [Processes and apparatuses of food production]. Moscow, Pishchevaya Promyshlennost', 1976, 664 p. (In Russ.)

4 Ershov A.M., Pokhol'chenko V.A., Aminov V.A. Adaptation of the fish drying and smoking processes for modern fishing industry equipment. *Rybnoe khozyaistvo*. [Fisheries], 2013, no.6, pp. 108-110. (In Russ.).

5 Pokhol'chenko V.A., Ershov M.A. Improving energy efficiency in the production processes of dehydration smoked, dried fish and prepared food for canning. *Nauchnoe obozrenie*. [Science Review], 2012, no.6, pp. 164 – 170. (In Russ.).

6 Pokhol'chenko V.A., Ershov A.M., Ershov M.A. Kinetics processes of dehydration and heating fish during frying, semi-hot and hot smoking. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2014, no.1, pp. 31-35.

УДК 664.727

Доцент С.А. Подгорный, профессор Е.П. Кошевой,
профессор В.С. Косачев
(Кубанский государственный технологический университет) кафедра АПП.
тел. (861) 2559392
E-mail: saptich@rambler.ru

Associate Professor S.A. Podgornyi, professor E.P. Koshevoi,
professor V.S. Kosachev
(Kuban State Technological University) Chair of Automation of Production Processes.
phone (861) 2559392
E-mail: saptich@rambler.ru

Моделирование процессов термовлагомеханики при сушке риса

Modelling the processes of hygrothermal mechanics in rice drying

Реферат. Зерновые материалы по праву могут считаться основой питания населения как в России, так и во всем мире. Особенность в том, что послеуборочная обработка зерна и прежде всего сушка является важным этапом получения высококачественных продуктов в достаточном количестве. Изменения технологических параметров процесса сушки во времени имеют большое практическое значение как для управления процессом и определения режимов обеспечивающих качество продукта, так и расчета энергетических затрат на проведение данного процесса. При этом качество получаемого продукта определяется минимальной трещиноватостью семян риса после проведения этого процесса. Цель работы – получение математической модели термовлагомеханики сушки риса. Основываясь на системе дифференциальных уравнений Лыкова А.В., описывающих изменения влагосодержания, температуры и давления, предложен переход к системе обыкновенных дифференциальных уравнений на основе составления балансов массы и тепла в ходе процесса сушки. При таком подходе не рассматриваются поля влагосодержания и температуры внутри материала, а ограничиваются их средними значениями. Используя полученную упрощенную модель термовлагомеханики сушки риса, проведено моделирование процесса сушки в условиях минимальной трещиноватости в исследуемом диапазоне (температуры сушильного агента от 50 до 70 °С, скорости от 2.3 до 2.8 м/с). Полученные зависимости позволяют прогнозировать качество семян риса в процессе сушки.

Summary. Grain-crops are justly considered to be the staple food in Russia as well as all over the world. The specific feature is that postharvest processing of the grain and, above all, drying is an essential stage of providing products of high quality in the sufficient amount. The changes of the technological parameters of the drying process which take place over time, have a significant practical value in terms of monitoring the process and defining the modes providing the quality of the product as well as calculating energy demands necessary to carry out this process. Hereof, the quality of the product received is defined by minimum crack formation of rice grain after the process. The aim of the work is to get a mathematical model of hygrothermal mechanics of rice drying. On the basis of A.V. Lykov's system of differential equations which describe the changes in moisture content, temperature and pressure, transition to the system of ordinary differential equations was offered which is based on drawing up balance of mass and heat during the process of drying. This approach does not consider the properties of moisture content and temperature within the material but takes into account their mean value. Using a simplified model of hygrothermal mechanics of rice drying that we have got enabled us to reproduce the process of drying in the conditions of minimum crack formation within the studied range (the temperature of the drying agent from 50 to 70 °C, speed from 2.3 to 2.8 m/sec). The dependences we have got enable us to predict the quality of rice grain during drying.

Ключевые слова: термовлагомеханика, моделирование, сушка риса, дифференциальные уравнения, кинетические зависимости, трещиноватость.

Keywords: hygrothermal mechanics, modelling, rice drying, differential equations, kinetic dependences, crack formation.

Термовлагомеханика перспективное научное направление анализа процесса сушки зерновых материалов, обосновывающее структурное поведение объекта сушки в зависимости от режимов процесса. Развитие деформаций и прочностные свойства материалов находятся в сфере внимания прикладной механики. Зерно риса обязательно подвергается сушке и имеющая место при этом трещиноватость определяет ценность получаемого продукта.

Кинетические зависимости процесса сушки, т.е. описание во времени изменения

основных параметров, имеют большое практическое значение для управления процессом, определения режимов обеспечивающих качество продукта и энергетических затрат на проведение данного процесса. При этом качество получаемых кинетических зависимостей определяется правильным определением механизма процесса и применением соответствующих математических моделей [1].

Важными являются не только зависимости изменения влажности материала при сушке, но и температурные зависимости нагрева высушиваемого материала. Фундаментальной работой в области теории сушки является обоснование [2] системы дифференциальных уравнений, описывающих изменения влагосодержания, температуры и давления. Сложность решения этой системы затрудняет ее практическое использование [3]. Сделана попытка [4] описать кинетику процесса сушки на основе перехода к потенциалам массопереноса.

Упрощением является переход [5] к системе обыкновенных дифференциальных уравнений на основе составления балансов массы и тепла в ходе процесса сушки. В этом случае не рассматриваются поля влагосодержания и температуры внутри материала, а ограничиваются их средними значениями.

$$\begin{aligned} m_s \frac{dX}{d\tau} &= -Q_m, \\ m_s \cdot c \frac{dT}{d\tau} &= Q_T - Q_m \end{aligned} \quad (1)$$

где X и T – влагосодержание и температура; c – удельная теплоемкость влажного материала; $Q_m = A \cdot J_m$ – конвективный поток влажности; $Q_T = A \cdot l \cdot J_T$ – конвективный поток тепла; A и m_s – площадь поверхности и масса сухого материала; l – скрытая теплота испарения.

Удельные потоки массы и тепла на основе термодинамики необратимых процессов можно представить системой уравнений:

$$J_T = L_{11} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_a} \right) + L_{12} \left(\frac{\mu}{T} - \frac{\mu_a}{T_a} \right), \quad (2)$$

$$J_m = L_{21} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_a} \right) + L_{22} \left(\frac{\mu}{T} - \frac{\mu_a}{T_a} \right). \quad (3)$$

Рассматривая конвективную сушку с массопереносом между граничным слоем влажного воздуха и сушильным агентом, пренебрегая эффектами Соре и Дюфора и соответственно $L_{12} = L_{21} = 0$, зависимости (2) и (3) принимают следующий вид:

$$J_T = h_T (T_a - T), \quad (4)$$

$$J_m = L_{22} \left(\frac{\mu}{T} - \frac{\mu_a}{T_a} \right) \approx h_m \ln \frac{x}{x_0} = h_m \ln \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}(T)}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T)}, \quad (5)$$

где $h_T = L_{11}/T \cdot T_a$ называют «коэффициентом конвективной теплопередачи»; $h_m = L_{22} R$ называют «коэффициентом конвективной передачи пара»; R – газовая константа, x – мольное отношение концентрации пара в воздухе; $\phi = (P_w/P_{\text{wn}})_T$ относительная воздушная влажность и P_{wn} парциальное давление пара для влажного состояния.

Систему в дифференциальной форме можно преобразовать к нормальной форме избавившись от m_s в левой части уравнений.

$$\frac{dX(\tau)}{d\tau} = -\frac{A_m \cdot h_m}{m_s} \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \frac{d}{d\tau} \{ [c_s + c_l \cdot X(\tau)] \cdot T(\tau) \} &= \frac{A_T \cdot h_T}{m_s} \cdot [T_a - T(\tau)] - \\ &- \frac{A_m \cdot l \cdot h_m}{m_s} \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\} \end{aligned}$$

Второе уравнение содержит произведение дифференцируемых функций, которое преобразуем по формуле производной произведения функций:

$$\frac{dX(\tau)}{d\tau} = -k_1 \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} [c_l \cdot X(\tau) + c_s] \cdot \frac{dT(\tau)}{d\tau} + c_l \cdot T(\tau) \cdot \frac{dX(\tau)}{d\tau} &= \\ = k_2 \cdot [T_a - T(\tau)] - k_3 \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\} \end{aligned}$$

где $k_1 = \frac{A_m \cdot h_m}{m_s}$; $k_2 = \frac{A_T \cdot h_T}{m_s}$; $k_3 = \frac{A_m \cdot l \cdot h_m}{m_s}$.

Подставляя значение производной влажности из первого уравнения во второе, получаем следующее выражение для температурной зависимости:

$$\begin{aligned} [c_l \cdot X(\tau) + c_s] \cdot \frac{dT(\tau)}{d\tau} - c_l \cdot T(\tau) \cdot k_1 \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\} &= \\ = k_2 \cdot [T_a - T(\tau)] - k_3 \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\}, \end{aligned} \quad (8)$$

которое нормализуем относительно производной от температурной зависимости:

$$\begin{aligned} \frac{dT(\tau)}{d\tau} &= k_1 \cdot \frac{c_l \cdot T(\tau) \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\}}{[c_l \cdot X(\tau) + c_s]} + \\ &+ k_2 \cdot \frac{[T_a - T(\tau)]}{[c_l \cdot X(\tau) + c_s]} - k_3 \cdot \frac{\ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\}}{[c_l \cdot X(\tau) + c_s]} \end{aligned} \quad (9)$$

Таким образом, получена система нормальных уравнений следующего вида:

$$\frac{dX(\tau)}{d\tau} = -k_1 \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\} \quad (10)$$

$$\frac{dT(\tau)}{d\tau} = k_1 \cdot \frac{c_l \cdot T(\tau) \cdot \ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\}}{[c_l \cdot X(\tau) + c_s]} +$$

$$+ k_2 \cdot \frac{[T_a - T(\tau)]}{[c_l \cdot X(\tau) + c_s]} - k_3 \cdot \frac{\ln \left\{ \frac{\phi_{\text{вб}} \cdot p_{\text{wn}}[T(\tau)]}{\phi_a \cdot p_{\text{wn}}(T_a)} \right\}}{[c_l \cdot X(\tau) + c_s]}$$

где относительная воздушная влажность на поверхности зерна определяется формулой:

$$\phi_{\text{вб}} = \left\{ \frac{1}{1 - (1 - \phi_a) \cdot (X_{cr} - X) / (X_{cr} - X_{eq})} \right\}, \quad (11)$$

где верхнее значение для $X \geq X_{cr}$, а нижнее - для $X_{cr} \geq X \geq X_{eq}$, которое ограничивает пределы существования решения от влажности равной X_{cr} до влажности равной X_{eq} .

Необходимо также учесть сжатие материала в ходе сушки. Часто принимается линейная зависимость [6], которая после преобразования принимает вид:

$$\frac{A(X)}{A_0} = \left[\frac{V(X)}{V_0} \right]^{2/3n} = \left[(1-b) \frac{X}{X_0} + b \right]^{2/3n} \quad (12)$$

Для идентификации параметров модели использовали экспериментальные данные по сушке семян риса в тонком слое, в которых изменялась температура сушки и скорость сушильного воздуха [7]. В качестве исходных данных использовались кинетические экспериментальные зависимости (Рисунок 1), минимизируя сумму относительных отклонений экспериментальных данных (точки на Рисунок 1) от соответствующих расчетных кривых (линии на Рисунок 1) для данных экспериментальных значений времени. Идентификация параметров производилась по методу Нелдера-Мида, также известного как метод деформируемого многогранника и симплекс-метод, метод безусловной оптимизации функции от нескольких переменных, не использующий производной (градиентов) функции, а поэтому он легко применим к негладким и/или зашумлённым функциям.

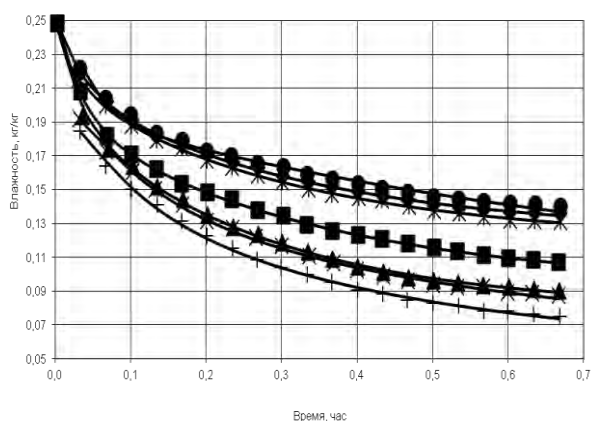


Рисунок 1. Кинетические кривые сушки риса

ЛИТЕРАТУРА

1 Dhall A., Datta A.K. Transport in deformable food materials: A poromechanics approach // Chemical Engineering Science. 2011. № 66 (24). P. 6482-6497.

2 Лыков А.В. Теплообмен (Справочник). М.: Энергия, 1971. 560 с.

Изменение объема зерна определяется параметрами режима сушки. Изменение объема важно не само по себе, а в связи с трещиноватостью [8], определяемой по регрессионной формуле (13):

$$Tp \left[\frac{X(0) - X(\tau_{max})}{\tau_{max}} \right] = 0.0952 \cdot \ln \left[\frac{X(0) - X(\tau_{max})}{\tau_{max}} \right] + 0.4487 \quad (13)$$

где $X(0)$ – начальная влажность; $X(\tau_{max})$ – конечная влажность; τ_{max} – время сушки, час.

Используя полученную упрощенную модель термовлагомеханики сушки риса, провели моделирование процесса сушки в условиях минимальной трещиноватости в исследуемом диапазоне (температуры сушильного агента от 50 до 70 °C, скорости от 2.3 до 2.8 м/с). Для минимальной трещиноватости семян риса зависимости представлены на рисунке 2.

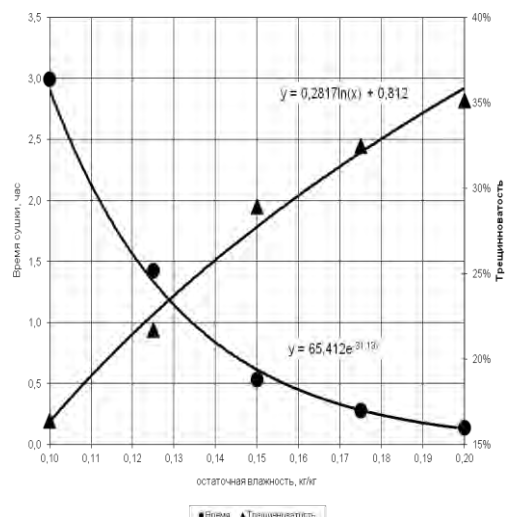


Рисунок 2. Аппроксимация объема и влажности от времени при режимах минимальной трещиноватости.

Трещиноватость логарифмически зависит от остаточной влажности и экспоненциально от времени сушки. Представленные зависимости позволяют прогнозировать качество семян риса в процессе сушки.

3 Коновалов В.И., Кудра Т., Гатапова Н.Ц. Современные вопросы теории переноса при сушке // Вестник ТГТУ. 2008. Т. 14. № 3. 538-559.

4 Подгорный С.А., Кошевой Е.П., Косачев В.С. Математическое моделирование процессов сушки и кондиционирования зерна. Потенциалы массопереноса. LAMBERT Academic Publishing, 2012

5 Kowalski S.J., Mierzwa D. Numerical analysis of drying kinetics for shrinkable products such as fruits and vegetables // *Journal of Food Engineering*. 2013. № 114. P. 522-529.

6 Mayor L., Sereno A.M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review // *Journal of Food Engineering*. 2004. № 61. P. 373-386.

7.Khanali M., Rafiee Sh., Jafari A., Hashemabadi S.H. et al. Mathematical modeling of fluidized bed drying of rough rice (*Oryza sativa* L.) grain // *Journal of Agricultural Technology*. 2012. V. 8(3). P. 795-810.

8 Chiachung C., Po-Ching W. Thin-layer drying model for rough rice with high moisture content // *J. agric. Engng Res*. 2001. № 80(1). P. 45-52.

REFERENCES

1 Dhall A., Datta A.K. Transport in deformable food materials: A poromechanics approach. *Chemical Engineering Science*, 2011, no. 66 (24), pp. 6482-6497.

2 Lykov A.V. *Teplomasoobmen* [Heat and Mass Transfer (Reference Book)]. Moscow, Energiya, 1971. 560 pp. (In Russ.).

3 Kononov V.I., Kudra T., Gatapova N.Ts. Modern issues of transfer theory in drying. *Vestnik TGTU*. [Bulletin of TSTU], 2008, vol. 14, no. 3, pp. 538-559. (In Russ.).

4 Podgornyi S.A., Koshevoi E.P., Kosachev V.S. *Matematicheskoe modelirovanie protsessov sushki i konditsionirivaniya zerna* [Mathematical modelling of the processes of drying and conditioning grain. Mass transfer potentials]. LAMBERT Academic Publishing, 2012. (In Russ.).

5 Kowalski S.J., Mierzwa D. Numerical analysis of drying kinetics for shrinkable products such as fruits and vegetables. *Journal of Food Engineering*, 2013, no. 114, pp. 522-529.

6 Mayor L., Sereno A.M. Modelling shrinkage during convective drying of food materials: a review. *Journal of Food Engineering*, 2004, no. 61, pp. 373-386. (In Russ.).

7 Khanali M., Rafiee Sh., Jafari A., Hashemabadi S.H. et al. Mathematical modeling of fluidized bed drying of rough rice (*Oryza sativa* L.) grain. *Journal of Agricultural Technology*, 2012, vol. 8(3), pp. 795-810.

8 Chiachung C., Po-Ching W. Thin-layer drying model for rough rice with high moisture content. *J. agric. Engng Res.*, 2001, no. 80(1), pp. 45-52.

Информационные технологии, моделирование и управление

УДК 66.011

Профессор В.К. Битюков, магистрант И.А. Жатова,
доцент М.В. Алексеев, аспирант А.П. Попов
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем.
тел. (473) 255-38-75
E-mail: mwa1976@mail.ru

Professor V.K. Bitjukov, master I.A. Zhatova,
associate Professor M.V. Alekseev, graduate A.P. Popov
(Voronezh state university of engineering technologies)
Department of information and control systems. phone (473) 255-37-51
E-mail: mwa1976@mail.ru

Разработка математической модели кинетики процесса дегидрирования этилбензола в двухступенчатом адиабатическом реакторе непрерывного действия

The mathematical model development of the ethylbenzene dehydrogenation process kinetics in a two-stage adiabatic continuous reactor

Реферат. Статья посвящена математическому моделированию кинетики процесса дегидрирования этилбензола в двухступенчатом адиабатическом реакторе с каталитическим слоем, функционирующим по непрерывной технологии. Проведен анализ химических реакций, протекающих параллельно основной реакции образования стирола, исходя из чего сделан ряд предположений, на базе которых составлена кинетическая схема, описывающая механизм протекания химических превращений во время процесса дегидрирования. Разработана математическая модель процесса дегидрирования, описывающая динамику химических реакций, протекающих в каждой из двух ступеней реакторного блока при постоянной температуре. Выполнена оценка констант скоростей прямых и обратных реакций образования и истощения каждого компонента прореагировавшей смеси. Получена динамика изменения концентрации исходного вещества (этилбензольной шихты), динамика образования стирола, а также всех побочных продуктов дегидрирования (бензола, толуола, этилена, углерода, водорода и др.). Рассчитанные изменения компонентного состава реакционной смеси за время её прохождения через первую и вторую ступени реактора показали, что предложенное математическое описание адекватно воспроизводит кинетику исследуемого процесса. Это доказывает преимущество созданной модели, а также верность найденных значений констант скоростей реакций, что предоставляет возможность использования модели для расчета кинетики дегидрирования этилбензола при неизотермическом режиме его проведения с целью определения оптимальной траектории изменения температурного режима работы реактора. В дальнейшем это позволит снизить энерго- и ресурсозатраты, увеличить количество произведенного стирола и повысить экономические показатели процесса.

Summary. The article is devoted to the mathematical modeling of the kinetics of ethyl benzene dehydrogenation in a two-stage adiabatic reactor with a catalytic bed functioning on continuous technology. The analysis of chemical reactions taking place parallel to the main reaction of styrene formation has been carried out on the basis of which a number of assumptions were made proceeding from which a kinetic scheme describing the mechanism of the chemical reactions during the dehydrogenation process was developed. A mathematical model of the dehydrogenation process, describing the dynamics of chemical reactions taking place in each of the two stages of the reactor block at a constant temperature is developed. The estimation of the rate constants of direct and reverse reactions of each component, formation and exhaustion of the reacted mixture was made. The dynamics of the starting material concentration variations (ethyl benzene batch) was obtained as well as styrene formation dynamics and all by-products of dehydrogenation (benzene, toluene, ethylene, carbon, hydrogen, etc.). The calculated variations of the component composition of the reaction mixture during its passage through the first and second stages of the reactor showed that the proposed mathematical description adequately reproduces the kinetics of the process under investigation. This demonstrates the advantage of the developed model, as well as loyalty to the values found for the rate constants of reactions, which enable the use of models for calculating the kinetics of ethyl benzene dehydrogenation under non-isothermal mode in order to determine the optimal temperature trajectory of the reactor operation. In the future, it will reduce energy and resource consumption, increase the volume of produced styrene and improve the economic indexes of the process.

Ключевые слова: дегидрирование этилбензола, адиабатический реактор, химическая кинетика, математическая модель, константа скорости реакции.

Keywords: dehydrogenation of ethylbenzene, adiabatic reactor, chemical kinetics, a mathematical model, reaction rate constant.

© Битюков В.К., Жатова И.А.,
Алексеев М.В., Попов А.П., 2015

Стирол является одним из важнейших продуктов нефтехимии и сырьем для производства полимерных материалов.

В настоящее время основным промышленным способом производства стирола в России является каталитическое дегидрирование этилбензола.

Основной стадией рассматриваемого процесса является отделение молекулы водорода от поступающей в реактор этилбензольной шихты, так как именно на этой стадии образуется конечный продукт – стирол. Поэтому на сегодняшний день актуальна задача интенсификации этой производственной стадии, которая может быть осуществлена следующими способами:

1. Модернизация используемых каталитических систем и разработка принципиально новых ускорителей данной реакции.

2. Усовершенствование АСУ процесса.

3. Оптимизация режима работы процесса с использованием методов математического моделирования (уменьшение расхода сырья, греющего пара, топливного газа, продление срока службы работы каталитической системы и др.).

Проведение подобных исследований и усовершенствований в промышленных и лабораторных условиях требует длительного времени, сложной химической, технической и программной работы, а также существенных капитальных затрат.

В условиях ограниченности сырьевых, финансовых, временных и производственных ресурсов 3-й путь является наиболее перспективным в случае его реализации с помощью методов математического моделирования и методов оптимизации. Так как это не требует затрат на техническую реализацию и позволяет сделать данный процесс менее ресурсо- и энергоёмким, а также увеличить процентное содержание производимого стирола в реакционной смеси на выходе из реактора.

На предприятии ОАО «Нижекамскнефтехим» реакцию дегидрирования этилбензола проводят в адиабатическом двухступенчатом реакторе непрерывного действия (с каталитической зоной по длине каждой ступени) при температуре 560 °С на начальном этапе эксплуатации каталитической системы с повышением этого значения до 630 °С к окончанию её срока службы. В основном, дегидрирование осуществляется на железоокисных катализаторах, временной цикл работы которых составляет 2 года, после чего они подлежат замене [1].

Со временем (в процессе эксплуатации реактора) происходит снижение активности его каталитического слоя, что влечет за собой снижение конверсии этилбензола и одновременное падение процентного содержания стирола в реакционной смеси на выходе из ступеней реактора и соответственное увеличение содержания побочных продуктов. Главной причиной падения активности катализатора является образование на его поверхности кокса.

Недостаток активности компенсируется увеличением температуры в реакторе, производимой на основе опыта операторов и без предварительного использования математического описания, позволяющего получить расчетные значения приращений по температуре ΔT и величины временных интервалов Δt , через которые их необходимо производить. Данный фактор приводит к увеличению энерго- и ресурсозатратности данного производства, уменьшению количества произведенного стирола, снижению экономических показателей.

Исходя из всего изложенного, главная цель научного исследования - это разработка математического описания стадии дегидрирования, отражающего динамику изменения концентраций всех продуктов реакций в каждой ступени реактора для определения оптимальных путей управления этим процессом.

Решение поставленной задачи непосредственно связано с исследованием химической кинетики процесса дегидрирования, в том числе, и методом математического моделирования.

При моделировании использовалось математическое описание процесса, приведенное в работе [2]. В ходе выполнения научных исследований выявлено, что модель с приемлемой точностью описывает динамику изменения концентрации основных компонентов реакции на выходе из реакторного блока: этилбензола и стирола [3]. Но одновременно установлено несколько существенных недостатков данных математических описаний:

- завышение концентраций стирола и этилбензола на выходе из первой ступени реактора;
- высокая погрешность расчета концентраций побочных продуктов;
- не выполнение условий материального баланса процесса в обеих ступенях реактора;
- модель описывает процесс дегидрирования, который отличен от приведенного в технологическом регламенте ОАО «Нижекамскнефтехим» [1]. Различия заключаются в представлениях о компонентном составе смеси на выходе из реактора.

Также необходимо отметить, что исходная модель [2] построена с учетом принятых допущений:

- при взаимодействии стирола и водорода происходит образование толуола, бензола, этилена и углерода;
- значения констант скоростей выхода продуктов мономолекулярных реакций равны;
- равенство констант скоростей прямых и обратных реакций.

Эти допущения снижают точность модели и сводят на нет возможность ее дальнейшего использования для исследования процесса.

В связи с этим, возникла необходимость усовершенствования модели и ее адаптации под условия рассматриваемого процесса.

Разработка математического описания процесса дегидрирования этилбензола осуществлялась путем использования кинетического подхода. Предварительно установлено, что реакция дегидрирования этилбензола на железоокисных катализаторах сопровождается побочными реакциями, выражающимися во взаимодействии продуктов реакций разложения этилбензола, которые могут приводить к образованию бензола, толуола, а также метана и углерода [4].

Исходя из вышеизложенного, получена кинетическая схема процесса, описывающая механизм реакции образования стирола и реакций выделения побочных продуктов дегидрирования, при создании которой приняты следующие допущения:

1) в результате взаимодействия образовавшихся молекул стирола с молекулами водорода происходит выделение толуола и углерода (бензол и этилен не образуются);

2) такие продукты реакции как бензол и этилен образуются только в результате реакции разложения этилбензола.

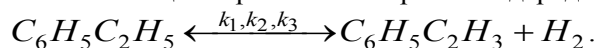
В течение процесса дегидрирования параллельно реакции отделения молекулы водорода от этилбензольной шихты происходит девять сложных химических реакций 1-го и 2-го порядков двух видов: мономолекулярные и бимолекулярные [5], некоторые из которых являются обратимыми. Исходя из этого, приняты два дополнительных допущения:

3) константы скоростей образования компонентов мономолекулярных, а также прямых и обратных реакций не равны;

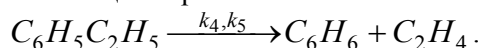
4) значения констант скоростей образования компонентов бимолекулярных реакций, происходящих во время дегидрирования, одинаковы для каждой реакции.

В итоге (согласно принятым допущениям) кинетическая схема дегидрирования примет вид:

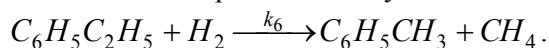
1. Реакция образования стирола и водорода:



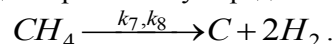
2. Реакция образования бензола и этилена:



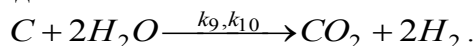
3. Реакция образования толуола и метана:



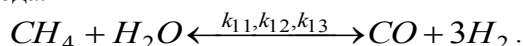
4. Реакция образования углерода и водорода:



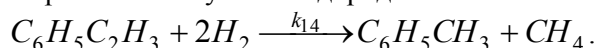
5. Реакция образования углекислого газа и водорода:



6. Реакция образования угарного газа и водорода:



7. Реакция образования толуола и углерода в результате взаимодействия молекул стирола с молекулами водорода:



При разработке математической модели процесса дополнительно принят следующий ряд допущений:

1) Температурный режим работы реактора считается постоянным и равен 560 °С.

2) Изменение активности каталитической системы в течение процесса не учитывается.

3) Значения констант скоростей всех реакций считаются постоянными (следствие из допущения 1).

Таким образом, используя составленную кинетическую схему, получаем математическое описание процесса производства стирола для каждой ступени реакторного блока. Описание является теоретически обоснованной нестационарной кинетической моделью [6] и представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих динамику изменения концентраций этилбензола и продуктов реакции в течении времени протекания процесса:

$$\frac{dC_a}{dt} = k_1 C_b - \frac{k_3}{k_p} C_a C_c - k_{14} C_a C_c, \quad (1)$$

$$\frac{dC_b}{dt} = \frac{k_3}{k_p} C_a C_c - k_1 C_b - k_2 C_b - k_4 C_b - k_5 C_b, \quad (2)$$

$$\frac{dC_c}{dt} = k_2 C_b + k_8 C_g + k_{10} C_h C_p^2 + k_{12} C_g C_p - \frac{k_3}{k_p} C_a C_c - k_6 C_b C_c - \frac{k_{13}}{k_p} C_m C_c - k_{14} C_a C_c^2, \quad (3)$$

$$\frac{dC_d}{dt} = k_4 C_b, \quad (4)$$

$$\frac{dC_e}{dt} = k_5 C_b, \quad (5)$$

$$\frac{dC_f}{dt} = k_6 C_b C_c + k_{14} C_a C_c^2, \quad (6)$$

$$\frac{dC_g}{dt} = k_6 C_b C_c + \frac{k_{13}}{k_p} C_m C_c + k_{14} C_a C_c^2 - k_7 C_g - k_8 C_g - k_{11} C_g C_p - k_{12} C_g C_p, \quad (7)$$

$$\frac{dC_h}{dt} = k_7 C_g - k_9 C_h C_p^2 - k_{10} C_h C_p^2, \quad (8)$$

$$\frac{dC_k}{dt} = k_9 C_h C_p^2, \quad (9)$$

$$\frac{dC_m}{dt} = k_{11} C_g C_p - \frac{k_{13}}{k_p} C_m C_c, \quad (10)$$

$$\begin{aligned} C_a(0) &= 0, C_b(0) = 0.998, \\ C_c(0) &= C_d(0) = 0.001, \\ C_e(0) &= C_f(0) = C_g(0) = 0, \\ C_h(0) &= C_k(0) = C_m(0) = 0, \end{aligned} \quad (11)$$

где t – время прохождения слоя шихты через ступень реакторного блока, с; $C_a, C_b, C_c, C_d, C_e, C_f, C_g, C_h, C_k, C_m$ – концентрации стирола, этилбензола, толуола, бензола, углерода, водорода, метана, этилена, угарного и углекислого газов соответственно, масс. доли; k_1, k_4, k_5, k_7 – константы скоростей образования стирола, бензола, этилена и углерода соответственно, с^{-1} ; (k_3 / k_p) – константа скорости обратной реакции образования стирола, $\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$; k_6 – константа скорости образования толуола и метана, $\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$; k_2, k_8 – константы скоростей образования водорода в реакциях 1 и 4, с^{-1} ; k_9 – константа скорости образования углекислого газа, $\text{с}^{-1}/(\text{масс.доли})^2$; k_{10} – константа скорости образования водорода в реакции 5, $\text{с}^{-1}/(\text{масс.доли})^2$; k_{11} – константа скорости образования угарного газа, $\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$; k_{12} – константа скорости образования водорода в реакции 6, $\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$; (k_{13} / k_p) – константа скорости обратной реакции взаимодействия метана с водяным паром, $\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$; k_{14} – константа скорости образования толуола и метана при взаимодействии молекул стирола и водорода, $\text{с}^{-1}/(\text{масс.доли})^2$; k_p – константа равновесия, с^{-1} .

Значения кинетических параметров модели, которыми являются константы скоростей происходящих реакций, кроме k_p , неизвестны.

Константа равновесия рассчитывается для конкретного значения температуры реакции по следующей зависимости [2]:

$$k_p = 16.72 \cdot \exp(-15.35/T), \quad (12)$$

где T – температура в реакторе дегидрирования, $^{\circ}\text{K}$. При $T = 560^{\circ}\text{C}$, $k_p = 16.429 \text{ с}^{-1}$.

Оценка констант произведена с помощью численного метода оптимизации поиско-

вого типа – метода Гаусса (покоординатного спуска) [7], по критерию минимума средней суммарной относительной погрешности концентраций компонентов после каждой ступени реакторного блока:

$$S = (\delta_{C_{a1}} + \dots + \delta_{C_{m1}} + \delta_{C_{a2}} + \dots + \delta_{C_{m2}}) / (2 \cdot N) \xrightarrow{k_1, \dots, k_{14}} \min, \quad (13)$$

где $\delta_{C_{a1}}, \dots, \delta_{C_{m1}}$ – относительные погрешности значений концентраций продуктов реакций после первой ступени реактора, рассчитанные по модели (1-11); $\delta_{C_{a2}}, \dots, \delta_{C_{m2}}$ – относительные погрешности значений концентраций продуктов реакций после второй ступени реактора, рассчитанные по модели (1-11); N – количество компонентов реакционной смеси на выходе из первой и второй ступеней реактора ($N = 10$).

Найденные в результате идентификации параметры $k_1, \dots, k_{14}$ представлены в таблицах 1, 2.

Т а б л и ц а 1
Значения констант скоростей
мономолекулярных реакций

Наименование	Величина константы скорости, с^{-1}
k_1	0.267
k_2	0.0012
k_4	0.002
k_5	0.00116
k_7	12.331
k_8	0.400

Т а б л и ц а 2
Значения констант скоростей прямых
и обратных бимолекулярных реакций

Наименование	Величина константы скорости	Размерность
k_3 / k_p	0.013	$\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$
k_6	0.001	$\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$
k_9	$9.3 \cdot 10^{-3}$	$\text{с}^{-1}/(\text{масс.доли})^2$
k_{10}	$4 \cdot 10^{-4}$	$\text{с}^{-1}/(\text{масс.доли})^2$
k_{11}	0.190	$\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$
k_{12}	0.700	$\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$
k_{13} / k_p	0.140	$\text{с}^{-1}/\text{масс.доли}$
k_{14}	15	$\text{с}^{-1}/(\text{масс.доли})^2$

Расчет системы уравнений (1-11) выполнен для каждой из двух ступеней реактора с помощью численного метода Рунге-Кутты 4-го порядка. Итоговые значения концентраций продуктов дегидрирования этилбензола, полученные в результате расчета первой ступени реактора, являются исходными данными для моделирования процесса во второй ступени.

Результаты моделирования процесса дегидрирования слоя этилбензольной шихты за время её прохождения через каталитические зоны ступеней реактора представлены на рисунках 1-3 и в таблицах 3, 4.

Масс. доля

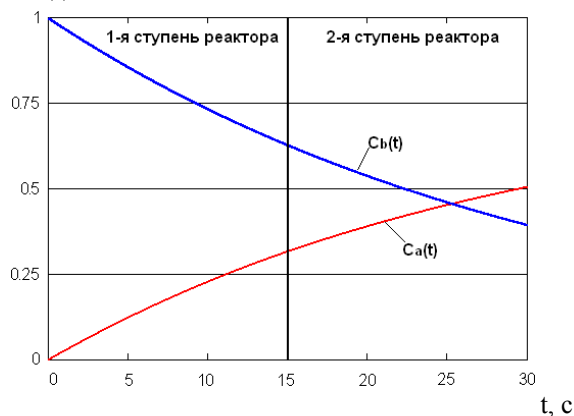


Рисунок 1. Динамика образования стирола и этилбензола за время прохождения шихты через 1-ю и 2-ю ступени реакторного блока

Масс. доля

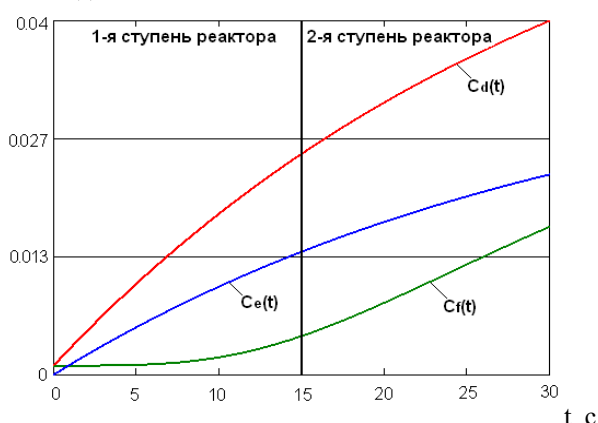


Рисунок 2. Динамика образования бензола, этилена и толуола за время прохождения шихты через 1-ю и 2-ю ступени реакторного блока

Масс. доля

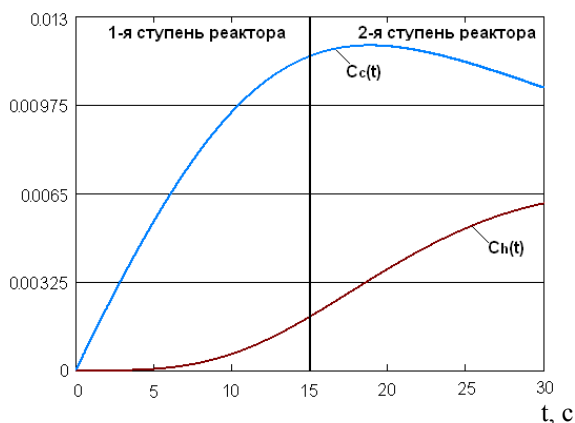


Рисунок 3. Динамика образования водорода и углекислого газа за время прохождения шихты через 1-ю и 2-ю ступени реакторного блока

Т а б л и ц а 3

Состав реакционной смеси на выходе из первой ступени реактора

Концентрация основных продуктов реакции, % мас.	Концентрация побочных продуктов реакции, % мас.	Суммарная концентрация компонентов, % мас.
Стирол	31.623	Толуол 0.436 Бензол 2.493
Этилбензол	62.631	Этилен 1.388 Углерод 0.199 Метан $4.1 \cdot 10^{-3}$ Водород 1.155 Угарный газ 0.012 Углекислый газ 0.064
		2.929
		1.587
		1.235

Т а б л и ц а 4

Состав реакционной смеси на выходе из второй ступени реактора

Концентрация основных продуктов реакции, % мас.	Концентрация побочных продуктов реакции, % мас.	Суммарная концентрация компонентов, % мас.
Стирол	50.444	Толуол 1.672 Бензол 3.996
Этилбензол	39.308	Этилен 2.259 Углерод 0.614 Метан $5.3 \cdot 10^{-3}$ Водород 1.039 Угарный газ 0.058 Углекислый газ 0.613
		5.666
		2.873
		1.715

Согласно данным [1, 8, 9]:

1) на выходе из первой ступени реактора значения концентраций продуктов реакций находятся в следующих диапазонах:

- концентрация стирола 30-35 %;
- концентрация этилбензола 60-65 %;
- суммарная концентрация толуола и бензола не должна превышать 5 %;
- суммарная концентрация газов (H_2 , CH_4 , CO , CO_2) не более 1,5 %.

2) на выходе из реакторного блока (из второй ступени реактора) концентрации продуктов реакций находятся в следующих диапазонах:

- концентрация стирола 50-55 %;
- концентрация этилбензола 35-40 %;
- суммарная концентрация толуола и бензола не должна превышать 8 %;
- суммарная концентрация газов (H_2 , CH_4 , CO , CO_2) не более 2 %.

Анализ результатов моделирования показал количественное и качественное соответствие расчетных значений данным, приведенным в технологическом регламенте. Это свидетельствует об адекватности разработанной модели химической кинетики дегидрирования этилбензола, а также о правомерности выполненных оценок констант скоростей химических реакций процесса.

Разработанное математическое описание можно использовать для создания системы оптимального управления стадией дегидрирования в процессе производства стирола.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Технологический регламент производства стирола на ОАО "Нижнекамскнефтехим", 1980.
- 2 Островский Г.М., Волин Ю.М. Моделирование сложных химико-технологических схем. М.: Химия, 1975. С. 292-297.
- 3 Алексеев М.В., Попов А.П., Жатова И.А. Разработка математической модели динамики дегидрирования этилбензола в производстве стирола // Сборник трудов XXVII международной научной конференции ММТТ-27.: в 12 т. Секция 9. Тамбов.: ТГТУ, 2014. Т.2. С.12.
- 4 Студопедия. Производство бутадиена-1,3 дегидрированием н-бутана [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://studopedia.ru/3_38394_proizvodstvo_butadiena-degidrirovaniem-n-butana.html.
- 5 Холохонова Л.И., Короткая Е.В. Кинетика химических реакций. Кемерово: КемТИПП, 2004. С. 4-11.
- 6 Пушкарева Т.П., Перегудов А.В. Математическое моделирование химических процессов. Красноярск, 2013. С. 22-25.
- 7 Васильев Ф.П. Методы оптимизации. - М.: Факториал Пресс, 2002. С. 310-316.
- 8 Кирпичников П.А., Береснев В.В., Попова Л.М. Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука. Л.: Химия, 1986. С. 98-100.
- 9 Башкатов Т.В., Жигалин Я.Л. Технология синтетических каучуков. Л.: Химия, 1987. С. 121.

REFERENCES

- 1 Tekhnologicheskii reglament proizvodstva stirola na OAO "Nizhnekamskneftekhim" [Technological regulation of styrene manufacture on Open Joint Stock Company "Nizhnekamskneftekhim"], 1980. (In Russ.).
- 2 Ostrovskii G.M., Volin Yu.M. Modelirovanie slozhnykh khimiko-tekhnologicheskikh skhem [Modeling of complex chemical-engineering schemes], Moscow, Khimiya, 1975. pp. 292-297. (In Russ.).
- 3 Alekseev M.V., Popov A.P., Zhatova I.A. Mathematical model development of ethylbenzene dehydrogenation dynamics to styrene production. Sbornik trudov XXVII mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii MMTT-27 [Collection of Works XXVII International Scientific Conference MMTT-27.: in 12 v]. Tambov: TGTU, 2014, vol. 2, pp. 12. (In Russ.).
- 4 Studopediya proizvodstvo butadiene-1,3 degidrirovaniem butana [Studopediya. Production of 1,3-butadiene by n-butane dehydrogenation [electronic resource]. Available at: http://studopedia.ru/3_38394_proizvodstvo_butadiene-degidrirovani-em-n-butana.html. (In Russ.).
- 5 Kholokhonova L.I., Korotkaya E.V. Kinetika khimicheskikh reaktsii [Kinetics of chemical reactions]. Kemerovo, KemTIPP, 2004. pp. 4-11. (In Russ.).
- 6 Pushkareva T.P., Peregoudov A.V. Matematicheskoe modelirovanie khimicheskikh protsessov [Mathematical modeling of chemical processes]. Krasnoyarsk, 2013. pp. 22-25. (In Russ.).
- 7 Vasil'ev F.P. Metody optimizatsii [Optimization methods]. Moscow, Factorial Press, 2002. pp. 310-316. (In Russ.).
- 8 Kirpichnikov P.A., Beresnev V.V., Popova L.M. Al'bom tekhnologicheskikh skhem osnovnykh proizvodstv promyshlennosti sinteticheskogo kauchuka [Album of basic synthetic rubber industry manufactures]. Leningrad, Khimiya 1986. pp. 98-100. (In Russ.).
- 9 Bashkatov T.V., Zhigalin Ya.L. Tekhnologiya sinteticheskogo kauchuka [Synthetic Rubber Technology]. Leningrad, Khimiya, 1987. pp.121. (In Russ.).

Профессор Г.В. Абрамов, доцент Л.А. Коробова,
доцент А.Л. Ивашин, аспирант И.А. Матыцина

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных технологий, моделирования и управления, тел. (473) 255-25-50
E-mail: irina210390@mail.ru

Professor G.V. Abramov, assistant Professor L.A. Korobova,
assistant professor A.L. Ivashin, graduate I.A. Matytsina

(Voronezh state university of engineering technologies)

Department of information technology, modeling and management, phone (473) 255-25-50
E-mail: irina210390@mail.ru

Анализ и использование математических методов для распознавания звуковых сигналов

The analysis and use of mathematical methods for the detection of sound signals

Реферат. Распознавание голоса – широко изучаемая и изученная в науке тема, а распознавание звуковых сигналов, в том числе кашлей пациентов в длительной звуковой записи – практически не изученная. Для распознавания звуковых сигналов и их подсчета были проанализированы и использованы математические методы, такие как корреляционный анализ, быстрое преобразование Фурье, нечеткая логика. Рассматривая каждый метод по очереди, подбирались параметры дающие наилучшие результаты распознавания при использовании того или иного метода. Корреляционный анализ позволяет сделать выводы о количестве кашлевых моментов для выбранного эталона. Быстрое преобразование Фурье позволило выделить такие частотные диапазоны, в которые попадают только кашли и не попадают шумы, экспериментальным путем было выявлено 6 таких диапазонов. Использование нечеткой логики улучшило анализ звуковой записи и позволило производить выбор кашлевых моментов с большей степенью уверенности, но однозначности результатов выбора достичь так и не удалось. Использовалась нечеткая логика, позволяющая расширить границы распознавания, позволяя градировать результат на кашель, возможно кашель и шум. При анализе полученных данных по каждому математическому методу пришли к выводу, что по отдельности их использование невозможно. Для достижения поставленной цели необходимо составить комплекс математических правил вывода, которые позволят распознавать звуковые сигналы с более высокой точностью. Рассмотрев спектрограмму звукового фрагмента, выделить зоны, в которых необходимо производить анализ для выявления схожести звуковых записей. Выделенные зоны кашля имеют четкие значения по каждой из координат спектрограммы. Это позволило в дальнейшем при синтезировании правил вывода использовать точные значения для границ параметров этих правил. Под полученный комплекс правил модифицировали разработанный программный продукт. Протестировали запись и получили результаты.

Summary. Voice recognition is a widely studied and explored in science, and the recognition of audio signals, including cough patients in long audio recording is practically not studied. To recognize the audio signals and their counting were analyzed and used mathematical methods such as correlation analysis, fast Fourier transform, fuzzy logic. Looking at each method in turn, were selected for the parameters gives the best recognition results when using either method. Correlation analysis allows to draw conclusions about the number of cough moments for the selected standard. Fast Fourier transform allowed to allocate these frequency ranges, which are the only cough and do not get the noise was experimentally identified 6 of these ranges. The use of fuzzy logic has improved the analysis of sound recordings and allowed to make the choice of the cough moments with more certainty, but certainty of results to achieve and failed. Used fuzzy logic, which allows to expand the boundaries of recognition, allowing graded result in coughing may cough and noise. When analyzing the data obtained for each of the mathematical method, came to the conclusion that individually cannot be used. To achieve this goal it is necessary to compile a set of mathematical rules of inference that allow to recognize the sound signals with higher accuracy. Having considered the spectrogram of a sound clip, select the zone in which it is necessary to conduct an analysis to identify the similarity of sound recordings. The zones of cough have distinct values for each of the coordinates of the spectrogram. This allowed later when synthesizing inference rules use the exact values for the parameters of these rules. Under the resulting set of rules modified the developed software. Tested and received results.

Ключевые слова: звуковые сигналы, анализ, корреляция, нечеткая логика, правила вывода

Keywords: audible alarm, analysis, correlation, fuzzy logic, inference rules

В настоящее время, благодаря накоплению специализированных знаний и опыта, математическое моделирование стало мощным инструментом анализа процессов для распознавания звуковых сигналов, а в частности - кашлевых моментов в звуковых записях. В особой мере это касается изучения и создания комплекса правил вывода для воздействия на разнообразные факторы и характеристики звуковой записи. Возможности прямой обработки записи при этом, как правило, ограничены, в то время как созданная с использованием

доступных экспериментальных данных математическая модель позволяет обеспечить подробную детализацию и оценить взаимное влияние различных параметров друг на друга, а также на распознавание звуковых сигналов в целом. Важнейшим условием эффективности вычислительного эксперимента является адекватность математической модели протекающим в распознавании кашлевых моментов.

© Абрамов Г.В., Коробова Л.А.,
Ивашин А.Л., Матыцина И.А., 2015

Математическая модель представляет собой разработку правил вывода, основанных на нечеткой логике. В качестве параметров правил вывода приняты реальные математические понятия, такие как коэффициент корреляции Пирсона, среднее квадратическое отклонение, дисперсия, Байесовская оценка, интервальная оценка, быстрое преобразование Фурье, интегральная оценка.

1. Корреляционный анализ. Данный термин означает совокупность основанных на математической теории корреляции методов обнаружения корреляционной зависимости между двумя случайными признаками или факторами. Корреляционный анализ экспериментальных данных включает в себя следующие основные практические приемы:

1) вычисление коэффициента корреляции Пирсона по формуле (1):

$$r_{xy}^P = \frac{\sum (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (1)$$

2) проверка статистической гипотезы значимости силы корреляционной связи: - сильная: $\pm 0,7$ до ± 1 ; - средняя: $\pm 0,3$ до $\pm 0,699$; - слабая: 0 до $\pm 0,299$ [1];

3) построение корреляционного поля и составление корреляционной таблицы по данным рассчитанным по двум коэффициентам корреляции Пирсона и Спирмена.

Таблица 1

Анализ данных по коэффициенту корреляции Пирсона и Спирмена

	Коэффициент корреляции Пирсона	Ранговый коэффициент корреляции Спирмена
Кашель эталонный	1	1
min значение коэффициента корреляции кашля пациента	0,12	0,99995
max значение коэффициента корреляции кашля пациента	0,24	0,99998
max значение коэффициента шума	0,22	0,99997

Первоначально для распознавания кашлевых моментов и шумовых фрагментов использовался только один коэффициент корреляции Пирсона. Алгоритм распознавания был реализован на языке программирования Delphi. Результаты апробации тестовой записи представлены на рисунке 1.

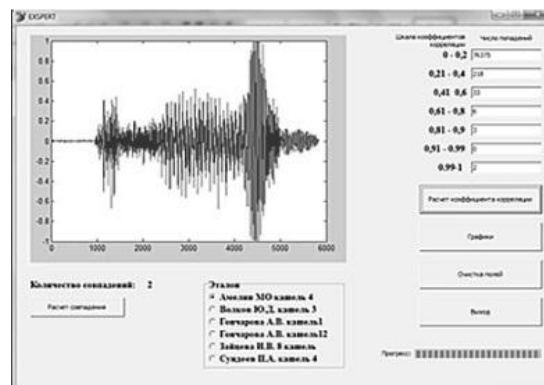


Рисунок 1. Программный продукт, реализованный в Delphi

В ячейках верхней правой части экранной формы отображается количество просчитанных коэффициентов корреляции Пирсона, разбитых по группам от 0 до 0,2; от 0,2 до 0,4; от 0,4 до 0,6; от 0,6 до 0,8; от 0,8 до 0,9; от 0,9 до 0,99 и от 0,99 до 1. Нажатие кнопки «графики» (рисунок 1) дает возможность просмотреть график с рассчитанными максимумами коэффициентов корреляции (рисунок 2).

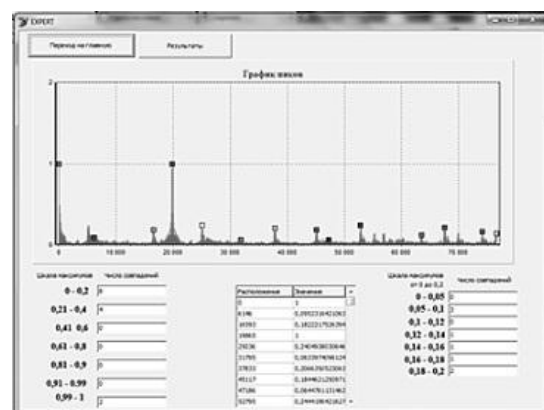


Рисунок 2. График с максимумами коэффициентов корреляции

На графике отображаются всплески похожести звуковых сигналов на эталон, чем ближе к единице, тем степень похожести больше. По результату можно сделать вывод о количестве кашлевых моментов для выбранного эталона. Использование только одного параметра (коэффициента корреляции) для определения кашлевых моментов в звуковой записи дало низкую точность. Анализ результатов показал, что нельзя использовать только метод корреляционного анализа, т.к. максимальное значение коэффициента корреляции шума больше минимального значения коэффициента корреляции кашля пациента (таблица 1).

Для повышения точности и надежности результатов при распознавании кашлевых моментов следующим шагом стало применение быстрого преобразования Фурье. Данная проце-

дура была осуществлена в программном пакете Maple с помощью встроенной функции $\text{fft}(f)$. Так, на рисунке 3 показано, что спектры кашля и шума в большинстве случаев различаются [2].

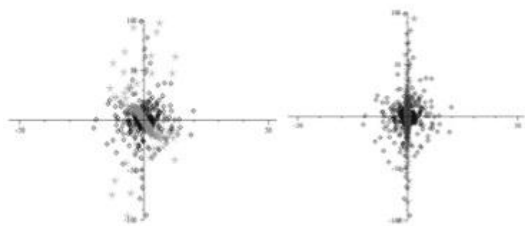


Рисунок 3. Изображение кашля и шума: $\diamond$ - кашель; * - шум

Преобразованный по быстрому преобразованию Фурье сигнал близок к прямой линии относительно оси ординат или под углом к ней. Однако существуют шумы очень похожие на кашель (рисунок 4). Отсюда следует, что на данный подход не дает возможность делать однозначные выводы.

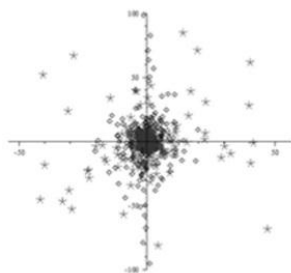


Рисунок 4. Изображение кашля и шума близкого к кашлю: $\diamond$ - кашель; * - шум

Следующий этап обработки звукового сигнала заключается в необходимости выделения таких частотных диапазонов, в которые

будут попадать только кашли и не попадут шумы. Экспериментальным путем, анализируя графики кашлей и шумов, такая процедура была проведена и выделено 6 диапазонов.

Таким образом, каждый шаг при выделении кашлевых моментов из многовременной записи вносил свои неточности и неопределенности в общий алгоритм. Поэтому было принято решение по использованию механизмов нечеткой логики, который позволит объединить данные по исследованию коэффициентов корреляции и быстрого преобразования Фурье.

2. Нечеткая логика. Лингвистические переменные предназначены в основном для анализа сложных или плохо определенных явлений. Использование словесных описаний делает возможным анализ систем настолько сложных, что они недоступны обычному математическому анализу. Более точно структура лингвистической переменной описывается набором (N, T, X, G, M) , в котором N - название этой переменной; T - терм-множество N , т.е. совокупность ее лингвистических значений; X - универсальное множество с базовой переменной x ; G - синтаксическое правило, которое может быть задано в форме бесконтекстной грамматики, порождающей термы множества T ; M - семантическое правило, которое каждому лингвистическому значению t ставит в соответствие его смысл $M(t)$, причем $M(t)$ обозначает нечеткое подмножество множества X [2].

По показателям, представленным выше, введем 4 лингвистические переменные: коэффициент корреляции, отклонение амплитуд, среднее значение положительной амплитуды и среднее значение отрицательной амплитуды (таблица 2).

Таблица 2

Описание лингвистических переменных

Переменная из набора	Коэффициент корреляции	Отклонение амплитуд	Среднее значение отрицательной амплитуды	Среднее значение положительной амплитуды
N	Коэффициент корреляции	Отклонение амплитуд	Среднее значение отрицательной амплитуды	Среднее значение положительной амплитуды
T	Высокий, средний, низкий	Высокое, среднее, низкое	Высокое, среднее, низкое	Высокое, среднее, низкое
X	[0;1]	[0;1]	[0;1]	[0;1]
G	Не, очень, не очень	Не, очень, не очень	Не, очень, не очень	Не, очень, не очень

В результате сформируем следующие правила нечеткого вывода [3]:

ЕСЛИ все показатели низкие, ТО Шум;

ЕСЛИ один из показателей средний остальные низкие, ТО Шум;

ЕСЛИ один из показателей высокий остальные низкие, ТО Шум;

ЕСЛИ все показатели средний, ТО возможно кашель;

ЕСЛИ один из показателей низкий остальные высокие, ТО возможно кашель;

ЕСЛИ один из показателей высокий остальные средние, ТО возможно кашель;

ЕСЛИ одна половина показателей высокие, а другая низкие, ТО возможно кашель;

ЕСЛИ один показатель средний остальных высокие, ТО кашель;

ЕСЛИ все показатели высокие, ТО кашель.

Использование нечеткой логики улучшило анализ звуковой записи и позволило производить выбор кашлевых моментов с большей степенью уверенности, но однозначности результатов выбора достичь так и не удалось. К имеющимся параметрам анализа записи коэффициенту корреляции и преобразованию Фурье добавили дополнительные параметры интегральной ошибки, средней амплитуды и чувствительности настройки выбора. Алгоритм, использующий нечеткую логику, реализован на языке программирования Java SE 7. Результаты апробации тестовой записи представлены на рисунке 5.



Рисунок 5. Программный продукт с фиксированными показателями

В результате обработки выбранной записи происходит сортировка фрагментов на кашли, близкие к кашлям и шумы по определенному алгоритму. Итогом работы программы являются выделенные по цветам дорожки: - светло-зеленым цветом выделены звуковые дорожки, которые являются кашлями; - темно-зеленым цветом – возможно кашли; - серым – шумы.

В данной реализации предусмотрена возможность прослушивания любого звукового фрагмента. Для этого на дорожке интересующего фрагмента в левой части экрана необходимо кликнуть двойным щелчком левой клавиши мыши. Прослушав запись фрагмента можно переместить его в разряд кашлей или шумов. Для этого на дорожке интересующего фрагмента необходимо сделать один клик правой клавишей мыши и выбрать в контекстном меню вкладку «Установить как кашель» или «Уста-

новить как шум». Также можно изменить эталон – клик на вкладке «Установить как эталон».

Использованные параметры преобразования в правила, которые позволили распознать звуковые сигналы, но точность результатов не была высока, т.к. градация разделения звуковой записи проходила по 3 составляющим: «кашель», «возможно кашель» и «шум». Таким образом, появляется необходимость в модификации (расширении, дополнении и качественном изменении) алгоритма анализа звуковой записи и выбора кашлевых моментов. Следующим этапом является добавление в алгоритм некоторого механизма, который позволит применить для формализации помимо показателей, которые уже использовали при разработке правил вывода, еще и кластерный анализ.

3. Синтезирование правил вывода.

Обрабатываемый звуковой фрагмент представлен в звуковой форме и в виде спектрограммы. Прослушав звуковой фрагмент и полагаясь только на свои индивидуальные способности (слух) специалист может удостовериться, является ли данный фрагмент – кашлем или шумом. Просмотрев трехмерную спектрограмму в координатах «время – частота – амплитуда» и сравнив ее визуально со спектрограммой эталона, можно выделить зоны, в которых необходимо производить анализ для выявления похожеści звуковых записей. Выделенные зоны кашля теперь имеют четкие значения по каждой из координат спектрограммы. Это позволяет в дальнейшем при разработке нечетких правил вывода использовать точные значения для границ параметров этих правил [5].

Представим некоторые правила вывода, которые могут быть применимы к любому параметру спектрограммы:

- критерий корреляций $(p, j, r, k, l, m, q, i) > const1$;

- критерий суммы значений в окне на спектрограмме в сравнении с эталоном $(p, j, r, k, l, m, h) > const2$,

где p – выбранный эталон;

j – значение ширины статического окна при построение спектрограммы;

r, k – координаты левой и правой границы окна (по времени);

l, m – координаты нижней и верхней границы окна (по частоте);

q, i – координаты левой и правой границы окна (по времени) расчета коэффициента;

h – порог разницы;

$const1, const2$ – некоторое число от 0 до 1.

4. Визуализация модифицированного программного продукта.

Модификацией данного программного продукта является возможность самостоятельно вырабатывать комплексы правил вывода, что позволяет расширить возможность точного распознавания [4].

Работа программного продукта также заключается в распознавании кашлевых моментов из звуковой записи пациента (рисунок 6). Первоначально программа разбивает всю звуковую запись на отрезки равной величины. Выбирается эталон. Затем, используя правила вывода, производятся расчеты относительно выбранного эталона и по значениям выбран-

ным правилам определяется, является ли обрабатываемый фрагмент кашлем или нет. Если фрагмент – шум, то он становится красного цвета, если кашель – цвет остается прежним.

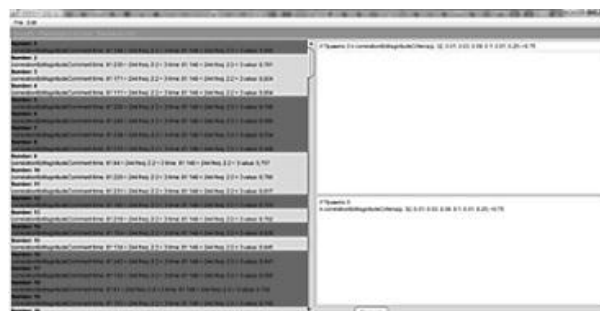


Рисунок 6. Модифицированный программный продукт

ЛИТЕРАТУРА

1 McLuckie A. Respiratory disease and its management. New York: Springer, 2009. 51 p.

2 Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. М: Мир, 1976. 165 с.

3 Абрамов Г.В., Овсянников Е.С., Коробова Л.А., Матыцина И.А. Разработка информационной системы для диагностики состояния больных легочными заболеваниями // Сборник трудов II международной научной интернет-конференции «Математическое и компьютерное моделирование в биологии и химии» в 2 томах. Казань: ИП Синяев Д.Н., 2013. Т.2. С. 4-10.

4 Абрамов Г.В., Коробова Л.А., Матыцина И.А. Разработка правил вывода при распознавании звуковых сигналов // IV международная научно-практическая конференция "Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки", USA. North Charleston, 2014. Т 3. С. 145-148.

5 Шилдт Г. Полный справочник по Java. Java SE™ 6 Edition (7-е издание). М.: Вильямс, 2007. С. 1040.

REFERENCES

1 McLuckie A. Respiratory disease and its management. New York: Springer, 2009. 51 p

2 Zadeh L. A. Ponyatie lingvisticheskoi peremennoi i ego primeneniye k prinytiyu priblizhennykh reshenii [Concept of a linguistic variable and its application explained to approximate reasoning]. Moscow, Mir, 1976. 165 p. (In Russ.).

3 Abramov G. V., Ovsyannikov E. S., Korobova L. A., Matytsin I. A. Development of information system for diagnostics of a condition of patients with pulmonary diseases. Sbornik trudov II mezhdunarodnoi nauchnoi internet-konferentsii "Marematicheskoe i komp'yuternoe modelirovanie v biologii i khimii" [Collection of labor in the II international scientific Internet-conference "Mathematical and computer modeling in biology and chemistry" in 2 volumes]. Kazan': Sinyayev D. N., 2013, vol. 2, pp. 4-10. (In Russ.).

4 Abramov G. V., Korobova L. A., Matytsin I. A. Development of rules of inference in recognition of audio signals. IV mezhdunarodnayanauchno-prakticheskaya konferentsiya "Fundamental'naya nauka i tekhnologii – perspektivnye razrabotki" [IV international scientific-practical conference "Fundamental science and technology - promising developments"]. North Charleston, 2014, vol. 3, pp. 145-148. (In Russ.).

5 Shildt G. Polnyi spravochnik po Java. Java™ SE 6 Edition [Complete reference to Java. Java™ SE 6 Edition (7th edition)]. Moscow, Williams, 2007. 1040 p. (In Russ.).

УДК: 637.1:65.011.56

Профессор А.А. Хвостов, доцент Д.И. Ребриков,
аспирант В.Е. Мерзликин

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

E-mail: rebrikov-vgta@vgta.vrn.ru

Professor A.A. Khvostov, associate Professor D.I. Rebrikov,
graduate V.E. Merzlikin

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information and control
systems. phone (473) 255-38-75

E-mail: rebrikov-vgta @vgta.vrn.ru

Идентификация массовых распределений жировой фазы в молоке с помощью универсальных распределений Пирсона

Identification of the mass distributions of the milk fat phase using universal Pearson distributions

Реферат. В работе рассмотрена задача по аппроксимации экспериментальных значений коэффициента затухания ультразвуковых колебаний и массовых распределений жировых шариков в молоке и молочных продуктах. Произведен анализ экспериментальных данных с точки зрения выбора метода аппроксимации. Предложена аппроксимирующая зависимость, которая основана на решении дифференциального уравнения Пирсона. Рассмотрены преимущества предложенного метода аппроксимации с учетом вида получаемых экспериментальных данных. Разработан алгоритм построения математической модели, описывающей спектр времен релаксации и массовых распределений жировых шариков в молоке и молочных продуктах. В результате аппроксимации семейством кривых Пирсона экспериментальных данных показана возможность качественно верно описать изменение распределения жировой фазы в ходе процесса гомогенизации. Оценена погрешность аппроксимирующей зависимости, которая составила 18 %. Показано, что с ходом процесса гомогенизации молочных продуктов изменяется вид кривой, описывающей распределение жировых шариков, в виду того, что появляется локальный экстремум, вызванный наличием части неомогенизированных жировых шариков. При этом точность выбранной математической модели резко снижается. Вместе с этим, теряется физический смысл и её параметров. Для устранения выявленных отклонений в работе предложено массовое распределение жировых шариков рассматривать как функцию с двумя модами. Обосновано, что усложнение модели не только увеличивает в два раза количество её параметров, но и усложняет интерпретацию результатов измерений в системе управления и делает сложным анализ получаемых параметров аппроксимации лицом, принимающим решение. По результатам аппроксимации экспериментальных данных и по их виду предложено использовать статистические моменты распределения для решения поставленной задачи.

Summary. In this paper we consider the problem of approximating the experimental values of the coefficient of attenuation of ultrasonic oscillations and the mass distribution of the fat globules in the milk and milk products. The analysis of experimental data in terms of the choice of the method of approximation was done. A approximating dependence is based on the solution of Pearson differential equations. The advantages of the proposed method for the type of approximation of the experimental data obtained. An algorithm for constructing a mathematical model describing the relaxation spectrum and mass distribution of the fat globules in the milk and milk products was implemented. As a result, a family of Pearson approximation curves of the experimental data shows the ability to qualitatively correctly describe the change in the distribution of the fat phase in the process of homogenization. It estimates the error of approximating dependence, which amounted to 18 %. It is shown that during of the process of homogenization of dairy products changes shape of the curve describing the distribution of the fat globules, in view of the fact that there is a local extremum, caused by the presence of the non-homogenized fat globules. The accuracy of the selected mathematical model is significantly reduced. At the same time, it loses its physical meaning and its parameters. To address the identified deviations in the proposed mass distribution of fat globules as a function with two modes. It is proved that the complexity of the model is not only doubles the number of its parameters, but also complicates the interpretation of measurement results in a control system, and makes it difficult to analyze the obtained parameters of approximation by decision-maker. As a result of approximation of experimental data suggested to use statistical moments of the distribution for problem decision.

Ключевые слова: молочные продукты, акустические свойства, массовое распределение, аппроксимация, распределение Пирсона.

Keywords: dairy products, acoustic properties, distribution of mass, approximation, Pearson distributions.

© Хвостов А.А., Ребриков Д.И., Мерзликин В.Е., 2015

Использование связи значений масс распределения жировых шариков по массовым или объемным фракциям [1, 2] со спектром времен релаксации молока от акустических свойств раствора [3] при параметрической идентификации представляет трудности по следующим причинам:

- число точек $H(\tau)$ ограничено количеством их измерений;
- разная разрешающая способность по массе и частоте усложняет сопоставление точек, полученных экспериментально, на кривых релаксационного спектра и распределения масс жировых шариков по массовым или объемным фракциям с релаксационным спектром молока;
- вероятное увеличение случайной ошибки без фильтрации исходных данных.

То есть необходима аппроксимация экспериментальных значений $H(\tau)$ и распределения жировой фазы. Рассмотрим синтез аппроксимирующей зависимости на примере массового (объемного) распределения жировой фазы в молоке. Поскольку полная функция распределения начинается с нулевого значения и заканчивается нулевым значением, проходит через один или несколько максимумов и при этом вид спектра заранее неизвестен, то для его аппроксимации можно использовать решения дифференциального уравнения Пирсона [4, 5]:

$$\frac{dH(\tau)}{d\tau} = \frac{\tau + a}{b_0 + b_1\tau + b_2\tau^2} \cdot H(\tau), \quad (1)$$

где a, b_0, b_1, b_2 , — постоянные.

Общее решение этого уравнения может быть представлено в виде:

$$H(\tau) = H_0 e^{-\int \frac{(\tau+a)d\tau}{b_0+b_1\tau+b_2\tau^2}} \quad (2)$$

Параметры a, b_0, b_1, b_2 , определяются по методу моментов:

$$\begin{cases} a = \mu_3(\mu_4 + 3\mu_2^2) / A, \\ b_0 = -\mu_2(4\mu_2\mu_4 - 3\mu_3^2) / A, \\ b_1 = -\mu_3(\mu_4 + 3\mu_2^2) / A, \\ b_2 = -(2\mu_2\mu_4 - 3\mu_3^2 - 6\mu_2^3) / A, \\ A = 10\mu_2\mu_4 - 18\mu_2^3 - 12\mu_3^2, \end{cases} \quad (3)$$

где $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4$ — первые четыре центральных момента распределения измеряемой величины:

$$\mu_k = \sum_{i=1}^n (\tau_i - \mu_1)^k \cdot H(\tau_i), \quad (4)$$

где k — порядок рассматриваемого момента; n — количество экспериментальных точек.

Структура решения дифференциального уравнения (1) зависит от полученных корней ψ_1, ψ_2 уравнения [5]:

$$b_0 + b_1\tau + b_2\tau^2 = 0 \quad (5)$$

Для проверки корней данного уравнения вводится параметр:

$$\alpha = \frac{b_1^2}{4b_0b_2} \quad (6)$$

Величина α называется критерием Пирсона (каппа Пирсона) и ее значения определяют следующие свойства корней уравнения:

- Если $\alpha < 0$, уравнение (2) имеет действительные корни разных знаков.
- Если $0 < \alpha < 1$, уравнение (2) имеет комплексные корни.
- Если $\alpha > 1$, уравнение (2) имеет действительные корни одного знака.

Всем этим вариантам Пирсон ставит в соответствие три основных типа своих кривых, которые он назвал кривыми I, IV и VI типа. Также α может принимать значения $0, 1 \pm \infty$, что дает переходные типы кривых. Всего семейство кривых Пирсона включает 12 типов, плюс нормальную кривую.

Имея рассчитанный параметр α , можно определить вид кривой, аппроксимирующей экспериментальные данные.

В случае нескольких основных времен релаксации согласно принципу суперпозиции релаксационных процессов в молоке суммарная функция $f(T, \omega)$ будет аппроксимироваться взвешенной суммой функций плотности в двумерном виде:

$$f(T, \omega) = \sum_{i=1}^N \xi_i f_i(T, \omega), \quad (7)$$

где i — номер рассматриваемого релаксационного процесса, N — количество рассматриваемых релаксационных процессов, ξ_i — весовой коэффициент для i -го релаксационного процесса в общие механические потери.

Таким образом, алгоритм, с помощью которого осуществляется построение математической модели, которая описывает спектр времен релаксации в молоке, будет выглядеть следующим образом (рисунок 1):

1. Разделение множества всех экспериментально точек в плоскости (T, ω) на подмножества, соответствующие отдельным выборкам и относящиеся к конкретному релаксационному механизму.

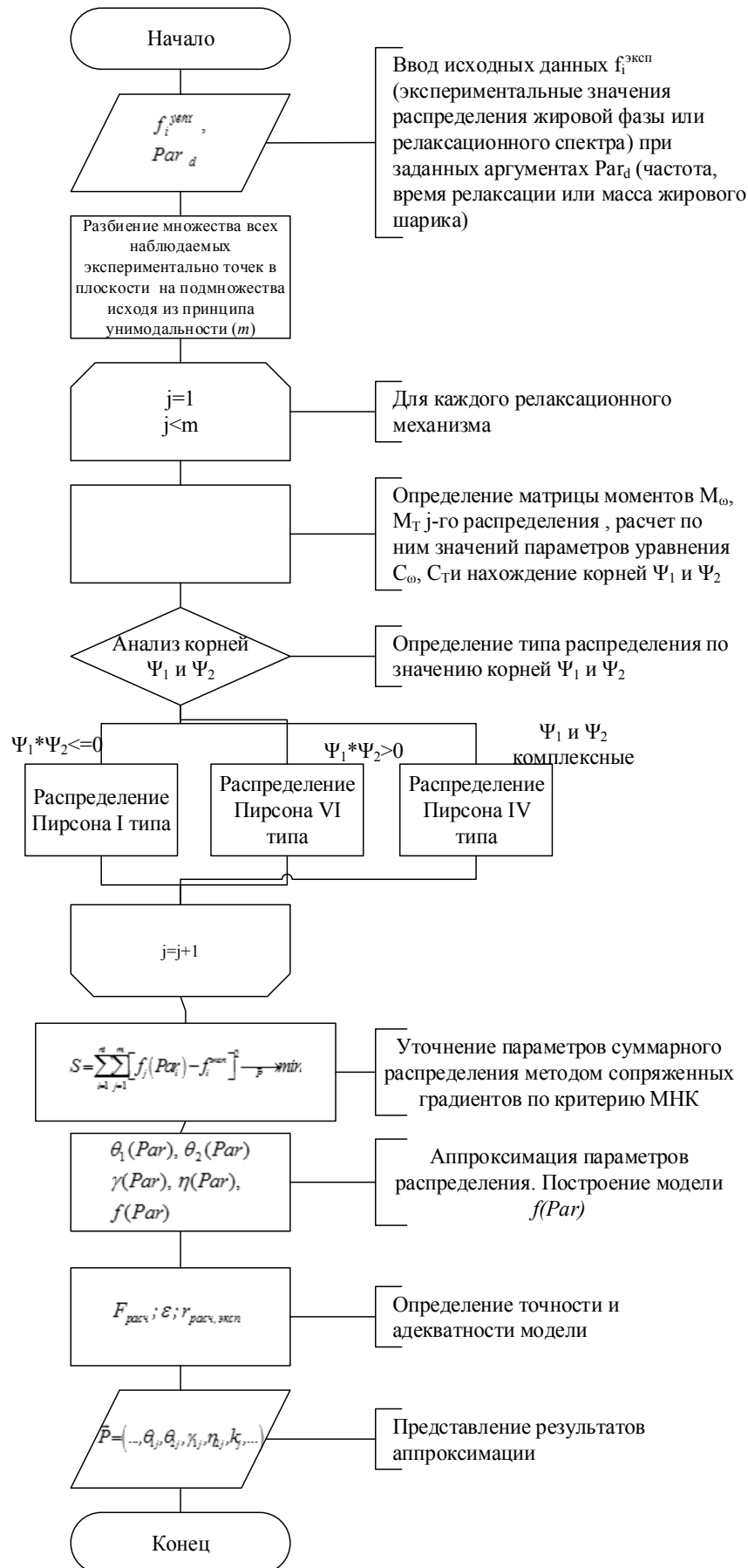


Рисунок 1. Алгоритм построения математической модели

2. Создание из множества экспериментальных точек, соответствующих каждому механизму релаксации, подмножеств экспериментальных точек, связанных с фиксированным частотам или температурам, для создания выборок условных распределений по частотам и температурам.

3. Приведение к нормированным значениям для расчета выборочных моментов условных распределений.

4. Расчет выборочных моментов M_ω , M_T условных распределений.

5. Расчет коэффициентов квадратного уравнения в знаменателе (1) C_ω , C_T и вычисление его корней ψ_ω , ψ_T .

6. Выбор типа распределения из семейства универсальных распределений Пирсона.

7. Расчет параметров распределения $\bar{\gamma}_\omega$, $\bar{\gamma}_T$, $\bar{\eta}_\omega$, $\bar{\eta}_T$.

8. Дополнительное уточнение коэффициентов суммарного многомодального распределения с помощью метода покоординатного спуска по среднеквадратичному критерию и начальными приближениями, полученными на этапе 7.

9. Оценка адекватности и точности модели.

По проведенным экспериментальным исследованиям установлено, что полученные корни уравнения (2) – вещественные числа разных знаков. Поэтому для моделирования спектра времен релаксации необходимо использовать бета-распределение первого рода:

$$H(\tau) = \frac{y(\tau)^{s_1} \cdot (1 - y(\tau))^{s_2}}{k \cdot B(s_1, s_2)}, \quad (8)$$

где s_1 , s_2 – параметры рассматриваемого распределения; $y(\tau)$ – аргумент; $B(s_1, s_2)$ – значение полученной бета-функции.

Параметры для распределения вычисляются по формулам:

$$s_1 = \frac{c_1 - a}{B_2(c_1 + c_2)}, \quad (9)$$

$$s_2 = \frac{c_2 - a}{B_2(c_1 + c_2)}.$$

Аргумент распределения можно определить по формуле:

$$y(\tau) = \frac{\tau - \theta_1}{\theta_2}, \quad (10)$$

где $\theta_1 = \mu_1 - c_1$, $\theta_2 = c_1 + c_2$.

Для того чтобы идентифицировать параметры модели релаксационного спектра был использован среднеквадратичный критерий:

$$S = \sum_{i=1}^n \left(H(\tau_i)^{эсп} - H(\tau_i)^{расч} \right)^2 \longrightarrow \min_{s_1, s_2, k, \theta_1, \theta_2} \quad (11)$$

При проведении экспериментальных исследований использовано 42 образца молока с различным массовым распределением жировой фазы вследствие проведения процедуры гомогенизации при разных давлениях.

Необходимо заметить, что в процессе параметрической идентификации использованы предварительно нормированные данные эксперимента. Переход от абсолютных значений $H(\tau)$ к нормированным вызван тем, что площадь под кривой распределения жировой фазы должна быть равна 1, однако условие $\int_{\tau_{\min}}^{\tau_{\max}} H(\tau) d\tau = 1$ не

выполняется, поэтому для дальнейшего расчета массового распределения жировой фазы по спектру времен релаксации необходимо осуществить нормировку исходных данных.

Для чего необходимо соблюдение следующего условия:

$$\sum_{i=1}^N H(\tau_i) = 1, \quad (12)$$

где N – количество точек измерения.

Для чего необходимо осуществить введение дополнительного нормирующего коэффициента $k_{\text{норм}}$, который обеспечивает выполнение равенства (4):

$$k_{\text{норм}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^N H(\tau_i)} \quad (13)$$

При дальнейших расчетах используемые экспериментальные значения спектра времен релаксации подразумеваются как нормированные значения.

На рисунке 2 представлены экспериментальные значения распределений жировой фазы молока до процесса гомогенизации и при разных давлениях проведения процесса. Приведенные данные показывают увеличение содержания низкоразмерных фракций с увеличением давления гомогенизации.

Аппроксимация семейством кривых Пирсона с использованием зависимости структуры (3) позволила качественно верно описать изменение распределения жировой фазы в ходе процесса гомогенизации (рисунки 3, 4, 5). Из представленных графиков видно, что в начале процесса гомогенизации вид распределения имеет ярко выраженный экстремум, благодаря чему распределение можно считать унимодальным. В этом случае математическая модель на основе кривых Пирсона с приемлемой погрешностью (порядка 18%) описывает распределение жировой фазы.

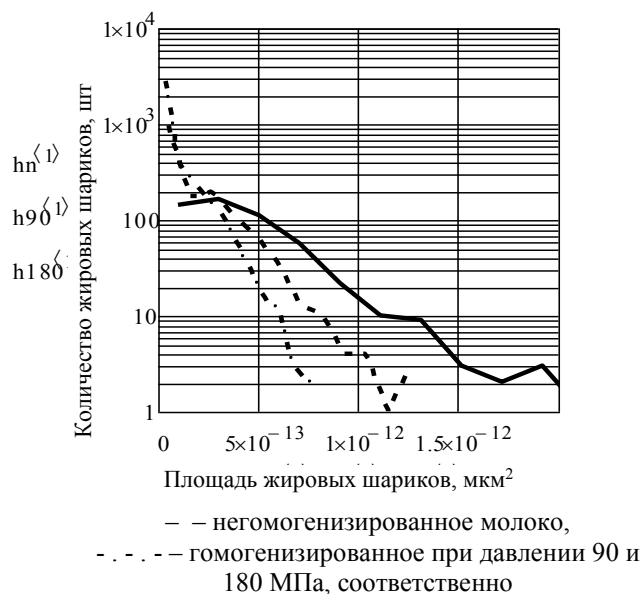


Рисунок 2. Сравнительные распределения жировых шариков в объеме пробы по диаметру

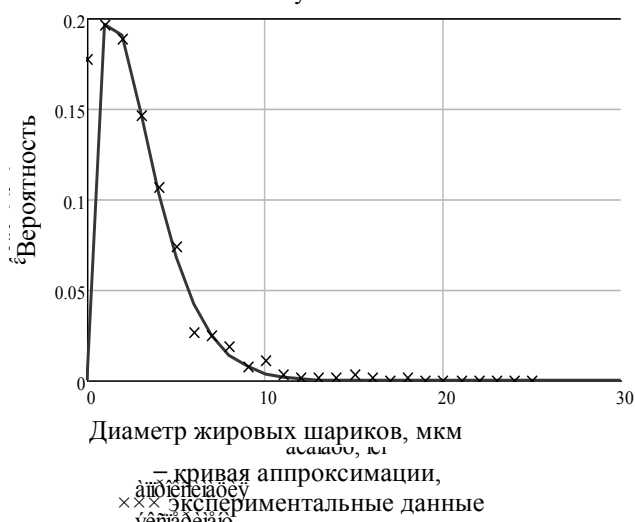


Рисунок 3. Аппроксимация экспериментальных данных распределения жировых шариков негомогенизированного молока ДУ Пирсона

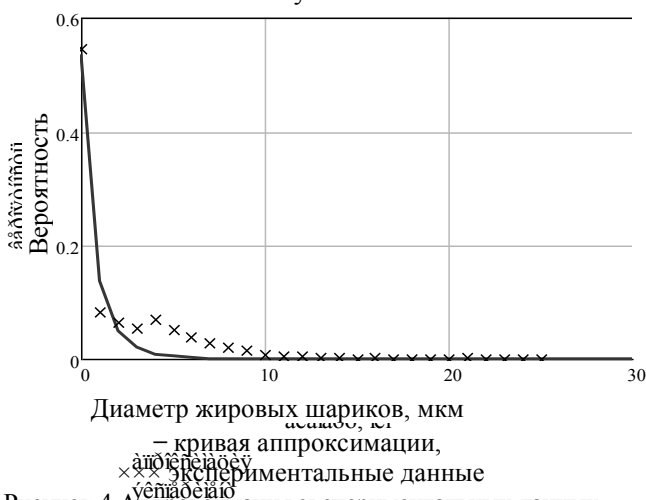


Рисунок 4. Аппроксимация экспериментальных данных распределения жировых шариков гомогенизированного молока при давлении 90 МПа ДУ Пирсона

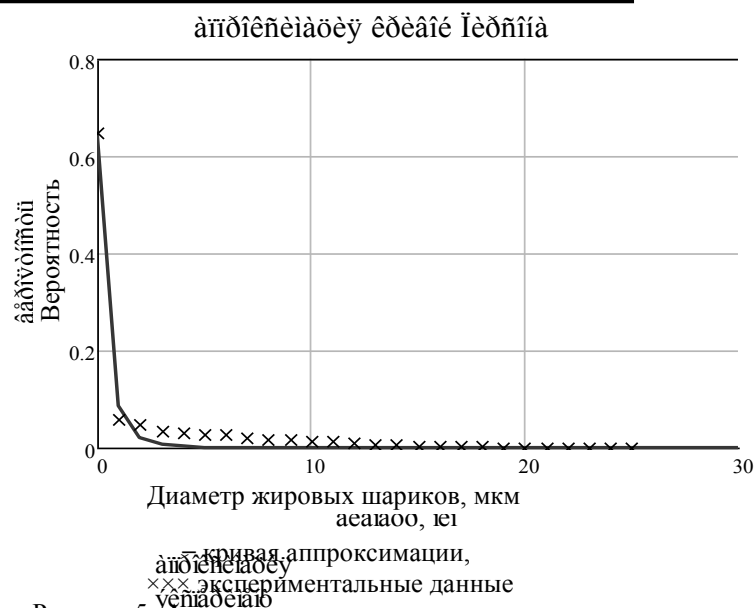


Рисунок 5. Аппроксимация экспериментальных данных распределения жировых шариков гомогенизированного молока при давлении 180 МПа ДУ Пирсона

Однако в ходе процесса гомогенизации вид кривой распределения изменяется, и экстремум смещается к левой границе области определения функции распределения фазы по размерам. Кроме этого, ввиду наличия как гомогенизированной, так и негомогенизированной части в общем объеме начинает проявляться остаток негомогенизированного молока в виде небольшого локального экстремума. В этом случае для того, чтобы достигнуть приемлемого уровня отклонений модельных данных от экспериментальных в математическую модель приходится вводить вторую моду. Такое усложнение модели не только увеличивает в два раза количество её параметров, но и усложняет интерпретацию результатов измерений в системе управления и ЛПР.

Проведенные исследования показали возможность качественного описания изменения объемного (массового) распределения жировой фазы в молочных продуктах с использованием семейства распределений Пирсона. Для более точного описания необходимо вводить в математическую модель описание второй моды или использовать описание функции распределения статистическими моментами.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Крусъ Г.Н. и др. Технология молока и молочных продуктов. М.: Колосс, 2003. 315 с.
- 2 Kress-Rogers E., Brimelow C. J. B. Instrumentation and sensors for the food industry. Second edition. Abington: Woodhead Publishing Limited, 2000.
- 3 Honerkamp J. et al. Determination of the relaxation time spectrum from dynamic module using an edge preserving regularization method // Rheologica Acta. 2000. V. 39. № 2. P. 163–173.
- 4 Крамер Г. Математические методы статистики. М.: Мир, 1975. 658 с.
- 5 Кендалл М., Стьюарт А. Теория распределений. М.: Наука, 1966. 588 с.

REFERENCES

- 1 Krus' G.N. et al. Tekhnologiya moloka i molochnykh produktov [Technology of milk and dairy products]. Moscow, Koloss Publ, 2003, 315 p. (In Russ.).
- 2 Kress-Rogers E., Brimelow C. J. B. Instrumentation and sensors for the food industry. Second edition. Abington: Woodhead Publishing Limited, 2000.
- 3 Honerkamp J. et al. Determination of the relaxation time spectrum from dynamic module using an edge preserving regularization method. Rheologica Acta, 2000, vol. 39, no. 2, pp. 163–173.
- 4 Kramer G. Matematicheskie metody statistiki [Mathematical methods of statistics]. Moscow, Mir, 1975, 658 p. (In Russ.).
- 5 Kendall M., Stuart A. Teoriya raspredelenii [Theory of distributions]. Moscow, Nauka, 1966, 588 p. (In Russ.).

УДК 004.932.2 : 678

Профессор А.А. Хвостов, аспирант Д.В. Складневский
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем.
тел. (473) 255-38-75

преподаватель А.А. Никитченко
(Воронеж, ВУИЦ ВВС ВВА) кафедра изыскания и проектирования аэродромов.
тел. (473) 226-38-05
E-mail: khvtol1974@yandex.ru

Professor A.A. Khvostov, graduate D.V. Sklyarevskii
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of information and control systems. phone (473) 255-38-75

teacher A.A. Nikitchenko
(Voronezh, Zhukovskii-Gagarin Air Force Academy) Department of researches and designing airfields. phone (473) 226-38-05
E-mail: khvtol1974@yandex.ru

Методика оценки степени разрушения резинотехнических изделий с использованием алгоритмов машинного зрения

Methods of assessing the degree of destruction of rubber products using computer vision algorithms

Реферат. Для контроля технического состояния резинотехнических изделий (РТИ) существенное значение имеет усовершенствование методов видеометрического анализа степени разрушения и старения резины в агрессивной среде. Основным фактором, определяющим степень разрушения резинового изделия, является степень покрытия его трещинами, которая характеризуется количеством, суммарной площадью, периметром трещин, геометрической формой и рядом других параметров. В процессе создания методики оценки степени разрушения РТИ возникает задача разработки алгоритма машинного зрения для оценки степени покрытия образца трещинами, а также определения характеристик разрушения. Для разработки алгоритма обработки изображений проведен ряд экспериментальных исследований по искусственному состариванию ряда образцов изделий, изготовленных из различных резин. В ходе экспериментов была получена серия снимков ряда образцов вулканизатов в реальном времени. Для достижения поставленных целей изначально производится стабилизация освещенности полученного массива изображений с использованием фильтра Гаусса. После этого для каждого изображения применяется операция бинаризации. Для выделения контуров поверхностных повреждений образца применяется алгоритм Кэнни. Обнаруженные контуры преобразуются в массив точек. Однако одна трещина может быть выделена как несколько контуров. Поэтому был разработан алгоритм объединения контуров по критерию минимума расстояния между ними. В конце производится расчёт морфологических признаков каждого контура (площадь, периметр, длина, ширина, угол наклона, фрактальная размерность Минковского). Приводятся графики полученных с помощью методики параметров разрушения образцов РТИ. Разработанная методика позволяет автоматизировать оценку степени старения РТИ в телеметрических системах, исследовать динамику процесса старения полимеров, получать исходную информацию для математического моделирования процессов старения полимеров, прогнозировать изменение состояния РТИ с течением времени.

Summary. For technical inspection of rubber products are essential methods of improving video scopes analyzing the degree of destruction and aging of rubber in an aggressive environment. The main factor determining the degree of destruction of the rubber product, the degree of coverage is cracked, which can be described as the amount of the total area, perimeter cracks, geometric shapes and other parameters. In the process of creating a methodology for assessing the degree of destruction of rubber products arises the problem of the development of machine vision algorithm for estimating the degree of coverage of the sample fractures and fracture characterization. For the development of image processing algorithm performed experimental studies on the artificial aging of several samples of products that are made from different rubbers. In the course of the experiments it was obtained several samples of shots vulcanizates in real time. To achieve the goals initially made light stabilization of array images using Gaussian filter. Thereafter, for each image binarization operation is applied. To highlight the contours of the surface damage of the sample is used Canny algorithm. The detected contours are converted into an array of pixels. However, a crack may be allocated to several contours. Therefore, an algorithm was developed by combining contours criterion of minimum distance between them. At the end of the calculation is made of the morphological features of each contour (area, perimeter, length, width, angle of inclination, the At the end of the calculation is made of the morphological features of each contour (area, perimeter, length, width, angle of inclination, the Minkowski dimension). Show schedule obtained by the method parameters destruction of samples of rubber products. The developed method allows you to automate assessment of the degree of aging of rubber products in telemetry systems, to study the dynamics of the aging process of polymers to obtain initial information for mathematical modeling of aging processes of polymers, to predict changes in the state of rubber products over time.

Ключевые слова: резинотехнические изделия, машинное зрение, алгоритм, методика, климатическая камера.

Keywords: rubber products, machine vision algorithm, method, climate chamber.

© Хвостов А.А., Складневский Д.В.,
Никитченко А.А., 2015

Для контроля технического состояния резинотехнических изделий (РТИ) существенное значение имеет усовершенствование методов видеометрического анализа степени разрушения и старения резины в агрессивной среде. Степень разрушения резины может быть оценена с использованием анализа фотоснимков изделия, полученных с помощью оптических и оптико-электронных систем. Основным фактором, определяющим степень разрушения резинового изделия, является степень покрытия его трещинами, которая характеризуется количеством, суммарной площадью, периметром трещин, геометрической формой и рядом других параметров.

Видеометрические методы анализа трещинности применяются для оценки степени изношенности дорожных покрытий [1], оценки повреждения металлоконструкций (с применением термографии) [2]. Известен способ обнаружения трещин каучукового дерева и их классификации с использованием оценки фрактальной размерности контура трещин [3].

При разработке новых типов РТИ проводят ряд испытаний образца на устойчивость к воздействиям различных агрессивных сред.

Для моделирования воздействия агрессивных сред используются климатические камеры. Распространение получили климатические камеры, позволяющие имитировать целенаправленное воздействие агрессивной среды для исследуемых образцов резины. Однако, обработка данных о степени повреждения образца, производимая в процессе исследований может представлять существенные трудности.

В связи с этим, разработка методики оценки степени разрушения РТИ с использованием алгоритмов машинного зрения, позволяющей автоматически выделить информационно-значимые объекты и оценить степень разрушения РТИ, является актуальной научно-технической задачей.

В процессе создания методики оценки степени разрушения РТИ возникает задача разработки алгоритма машинного зрения для оценки степени покрытия образца трещинами, а также определения характеристик разрушения.

Для разработки алгоритма обработки изображений проведен ряд экспериментальных исследований по искусственному составлению ряда образцов изделий, изготовленных из различных резин.

В ходе экспериментов была получена серия снимков ряда образцов вулканизатов (с разным содержанием наполнителей) в реальном времени (таблица 1). При этом образцы находились под воздействием ряда погодных факто-

ров (солнечный свет, влажность, атмосферные загрязнения – озон и оксиды азота), оказывающих на них разрушающее воздействие.

Прежде чем приступить к анализу степени разрушения образца, необходимо выполнить предварительную обработку снимков для обеспечения стабильной работы алгоритма распознавания трещин.

Таблица 1
Состав образцов РТИ

№ Состав	Обр.1	Обр.2	Обр.3
	Масс. ед.		
Каучук НК	50,0	50,0	50,0
Каучук СКС-30АРК	50,0	50,0	50,0
Сера	2,0	2,0	2,0
Альтакс	3,0	3,0	3,0
Оксид цинка	5,0	5,0	5,0
Стеариновая к-та	2,0	2,0	2,0
Мел	10,0	10,0	-
Белая сажа БС-120	-	-	15,0
Регенерат РШТ	-	15,0	-
Итого:	122,0	137,0	127,0

Для устранения неравномерной освещенности применяется алгоритм, основанный на усилении высоких частот [4] (рисунок 1).

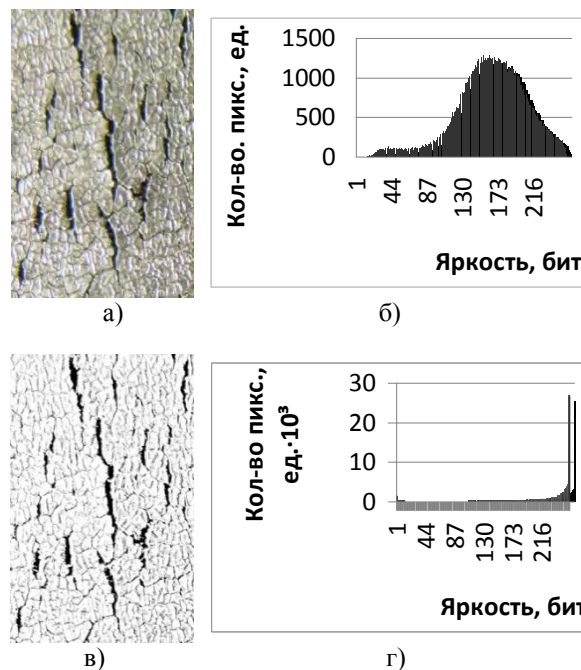


Рисунок 1. Результат применения алгоритма стабилизации освещенности:

- а) Исходное изображение;
- б) Гистограмма распределения яркости исходного изображения;
- в) Изображение со стабилизированной освещенностью;
- г) Гистограмма распределения яркости изображения со стабилизированной освещенностью.

Бинаризация изображения достигается использованием адаптивного порогового фильтра (рисунок 2а). Для обнаружения контуров применяется алгоритм Кэнни [4]. Результат его работы представлен на рисунке 2б.

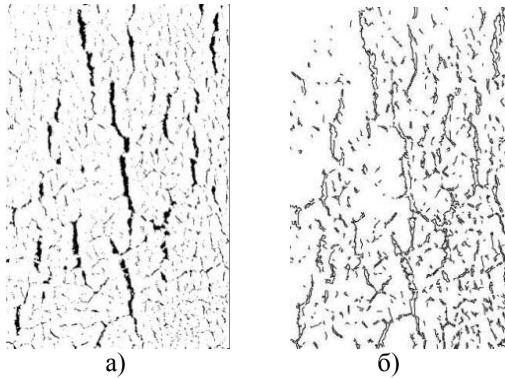


Рисунок 2. Результаты бинаризации изображения:
а) Изображение после применения адаптивного порогового фильтра;
б) Изображение после применения алгоритма Кэнни.

Для преобразования трещин на изображении в массив контуров применяется встроенная функция библиотеки компьютерного зрения OpenCV [5,6], использующая алгоритм аппроксимации ключевых точек контура Teh-Chin [6].

Однако, поскольку функция может определить одну трещину как несколько контуров в связи с наличием дефектов на бинарном изображении, то необходимо разработать метод, который позволит объединить ближайшие контуры по критерию минимума расстояния между ними (*):

$$\begin{cases} |D| = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2} \longrightarrow \min, \\ |D| \leq D_{\min}, \end{cases} \quad (1)$$

где $D_{\min}$ – минимальное допустимое расстояние объединения контуров; x_1, y_1, x_2, y_2 – координаты ближайших точек первого и второго контуров соответственно.

Разработанный алгоритм объединения контуров описывается последовательностью этапов:

1) Производится перебор множества контуров. Контуры, имеющие площадь менее допустимой (например, помехи на изображении), отфильтровываются:

$$Cr' = \{Cr_i : S_i \leq S_{\min}, i = \overline{1, N}\}, \quad (2)$$

где Cr – исходное множество контуров; Cr' – множество контуров после фильтрации; i – порядковый номер контура; N – количество контуров; $S_{\min}$ – минимальная допустимая площадь контура.

2) Выполняется перебор точек каждой следующей пары контуров. Если найдена точка, удовлетворяющая критерию минимума расстояния между ней и точкой соседнего контура (рис. 3а, участок AB), то производится поиск смежных точек, для которых также выполняется данный критерий (рис. 3а, участки CD и EF). При обнаружении и исключении точки выполняется проверка перекрытия одного контура другим (рис. 3б, участок CMD_i). Это достигается построением линии от граничной точки одного контура к граничной точке другого контура.

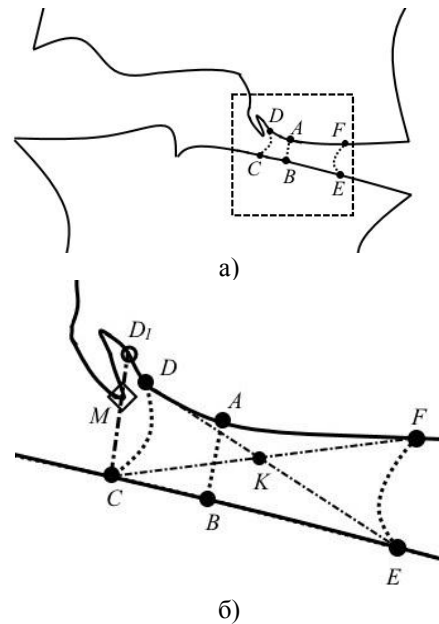


Рисунок 3. Объединение контуров:
а) Общий вид границ объединяемых контуров;
б) Укрупнённый участок объединения контуров.

3) Производится построение нового контура. Участки объединения дистраиваются квадратичными кривыми Безье (рисунок 3б, участки CD и EF с опорной точкой K):

$$\begin{aligned} Bz_{CD}(t) &= (1-t)^2 C + 2t(1-t)K + t^2 D, \\ Bz_{EF}(t) &= (1-t)^2 E + 2t(1-t)K + t^2 F, \end{aligned} \quad (3)$$

где $t \in [0, 1]$ – параметр кривой Безье.

Таким образом, алгоритм обработки включает последовательность этапов обработки информации:

1. Получение массива исходных изображений, где каждое цифровое изображение можно представить в виде множества:

$$R = \{R_{i,j}, i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}\}, \quad (4)$$

где i – номер пикселя по горизонтали, j – номер пикселя по вертикали.

Полученное изображение R достаточно просто описать с использованием цветовой модели RGB.

Стабилизация освещенности изображения. Изначально производится получение компонента освещения низкочастотной фильтрацией изображения с использованием фильтра Гаусса [4]:

$$R'_{i,j} = \frac{1}{2\pi r^2} \sum_{u,v} e^{-\frac{(u^2+v^2)}{2r^2}} R_{i+u,j+v} : \quad (5)$$

$$i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}, u = \overline{1, r}, v = \overline{1, r},$$

где r – радиус размытия; u – номер пикселя матрицы размытия по горизонтали; v – номер пикселя матрицы размытия по вертикали.

Выполняется восстановление исходного изображения по формуле:

$$Rh_{i,j} = \frac{R_{i,j}}{R'_{i,j}}. \quad (6)$$

2. Бинаризация изображения с применением адаптивного порогового фильтра:

$$Rb_{i,j} = \begin{cases} 255, & \text{если } Rh_{i,j} > P, \\ 0 & \end{cases}, \quad (7)$$

где P – пороговое значение яркости.

3. Применение алгоритма Кэнни для выделения контуров [4].

4. Формирование множества D_k объектов, соответствующих выявленным в результате работы алгоритма Кэнни контурам дефектов:

$$D = \{D_k, \quad k = \overline{1, K}\}, \quad (8)$$

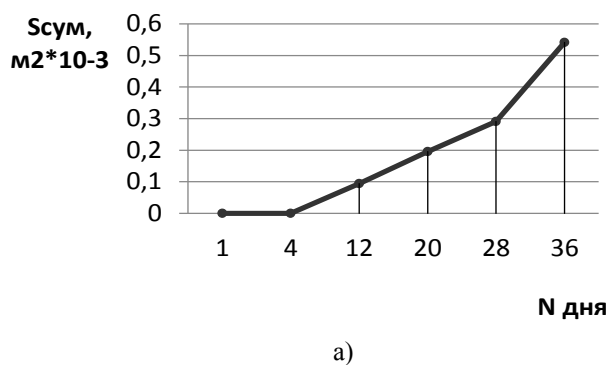
где K – количество объектов.

5. Объединение контуров по критерию минимума расстояния между ними (1) с помощью вышеописанного алгоритма.

6. Формирование множества Pr морфологических признаков, вычисленных по параметрам границ множества дефектов D :

$$Pr = \{Pr_{k,l}, \quad k = \overline{1, K}, l = \overline{1, L}\}, \quad (9)$$

где L – количество вычисляемых морфологических признаков.



Результатом работы алгоритма оценки степени разрушения РТИ методом контурного анализа будет набор параметров Pr , характеризующих морфологические признаки дефектов, обнаруженных на цифровом изображении и позволяющих судить о степени старения (разрушения) РТИ (рисунок 4а). В качестве таких признаков выступают: площадь S , ширина W , длина L , угол наклона ϕ , фрактальная размерность Минковского Fr [7] (рисунок 4б).

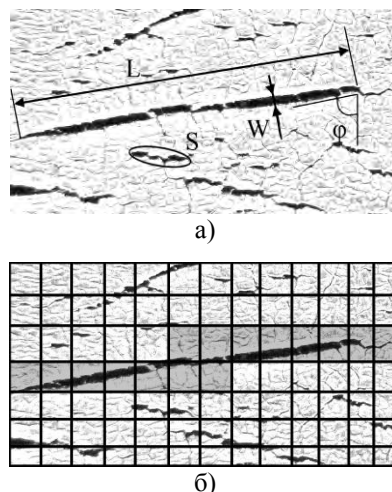
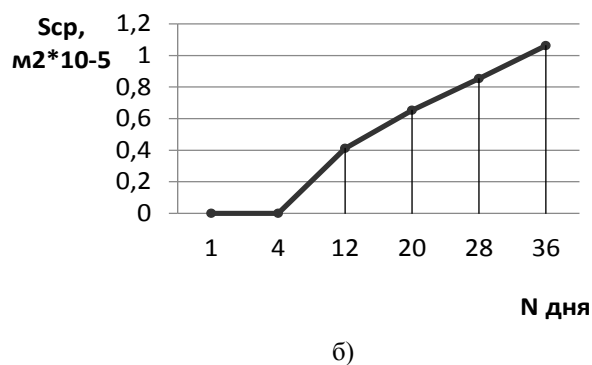
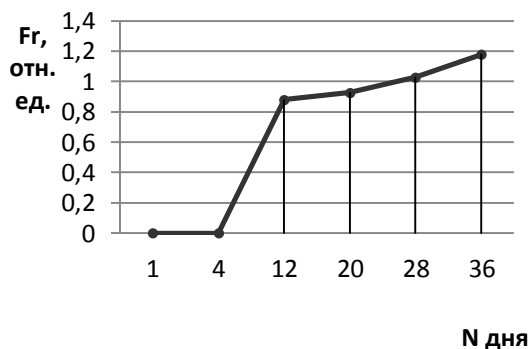


Рисунок 4. Морфологические признаки дефектов, позволяющие судить о степени старения (разрушения) РТИ:

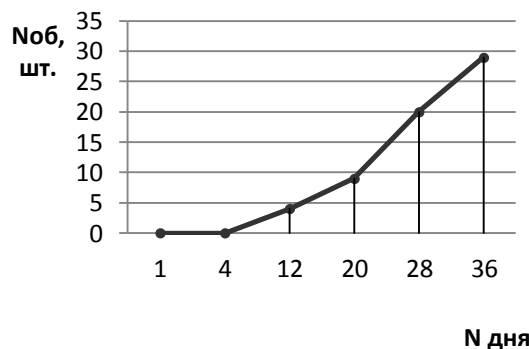
- а) Геометрические признаки дефектов;
б) Фрактальная размерность дефектов.

На рисунке 5 представлена динамика изменения суммарной площади $S_{\text{сум}}$ (м^2), средней площади $S_{\text{ср}}$ (м^2), фрактальной размерности и количества объединений контуров тестового образца резинотехнического изделия, построенная по изображениям с использованием разработанного алгоритма. Следует отметить, что после фиксации конечного изображения произошёл разрыв образца.





в)



г)

Рисунок 5. Динамика изменения показателей разрушения образца:

а) Суммарная площадь повреждений $S_{\text{сум}}$, м²; б) Средняя площадь повреждений $S_{\text{ср}}$, м²; в) Фрактальная размерность Минковского;

г) Количество объединений ближайших контуров.

Разработанная методика позволяет автоматизировать оценку степени старения РТИ в телеметрических системах, исследовать динамику процесса старения полимеров, получать

исходную информацию для математического моделирования процессов старения полимеров, прогнозировать изменение состояния РТИ с течением времени.

ЛИТЕРАТУРА

1 Li L., Sun L., Ning G., Tan S. Automatic pavement crack recognition based on BP neural network // Promet – Traffic&Transportation. 2014. V. 26. № 1. P. 11-22.

2 Broberg P., Runnemalm A. Detection of Surface Cracks in Welds using Active Thermography // 18th World Conference on Nondestructive Testing, Durban, South Africa. 2012. P. 16-20.

3 Boonprakong P., Chamnongthai K. Bark Rubber Tree Crack Detection and Classification using Fractal Dimension // Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Robotics, Control & Manufacturing Technology, Hangzhou, China, April 15-17. 2007. P. 229-232.

4 Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 620 с.

5 Bradsky G., Kaehler A. Learning OpenCV. O'Reilly, 2008. 580 p.

6 OpenCV 2.4.11.0 documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://docs.opencv.org/>.

7 Шуплецов Ю.В., Ампилова Н.Б. Алгоритм вычисления размерности Минковского для полутонных изображений // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2014. № 165. С. 99-106.

REFERENCES

1 Li L., Sun L., Ning G., Tan S. Automatic pavement crack recognition based on BP neural network // Promet – Traffic&Transportation, 2014, vol. 26, no. 1, pp. 11-22.

2 Broberg P., Runnemalm A. Detection of Surface Cracks in Welds using Active Thermography. 18th World Conference on Nondestructive Testing, Durban, South Africa. 2012, pp. 16-20.

3 Boonprakong P., Chamnongthai K. Bark Rubber Tree Crack Detection and Classification using Fractal Dimension. Proceedings of the 7th WSEAS International Conference on Robotics, Control & Manufacturing Technology, Hangzhou, China, April 15-17. 2007, pp. 229-232.

4 Gonsales R., Wuds R., Eddins S. Digital image processing using MATLAB. 1th ed. New York, Pearson Education, 2004. 620 p.

5 Bradsky G., Kaehler A. Learning OpenCV. O'Reilly, 2008. 580 p.

6 OpenCV 2.4.11.0 documentation. Available at: <http://docs.opencv.org/>.

7 Shuplntsov Yu.V., Ampilova N.B. Algorithm for computing the Minkowski dimension for halftone images. *Izvestiya Rossiiskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. A.I. Gertsena* [Proceedings of the Russian State Pedagogical University. A.I. Herzen], 2014, no. 165, pp. 99-106. (In Russ.).

УДК 004.02

Профессор А.А. Мицель

(Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники)

аспирант Н.В. Черняева

(Юргинский технологический институт НИ Томский Политехнический Университет).

тел: 8 (923) 520-27-34

E-mail: nina.turalina@yandex.ru

Professor Mitsel

(Tomsk state university of control systems and radioelectronics)

graduate N.V. Cherniaeva

(Yurga technological institute of NR Tomsk Polytechnic University)

phone: 8 (923) 520-27-34

E-mail: nina.turalina@yandex.ru

Динамическая модель управления индивидуальной траекторией обучения студента

The dynamic model for control of student's learning individual trajectory

Реферат. В связи с переходом системы образования на компетентностно-ориентированный подход актуальной является проблема оценивания результатов обучения, а также построения индивидуальной траектории обучения студента, решение которых требует применения современных информационных технологий. В соответствии с федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения, определяющими требования к результатам освоения основных образовательных программ (ООП), до 50% дисциплин имеет вариативный характер, т.е. зависят от выбора студента. Это значительно отражается на результатах формирования различных компетенций. Проанализировано общее состояние проблемы формирования траектории обучения студентов и в частности выбора индивидуальной ее направленности. Рассмотрены различные методы, модели и алгоритмы формирования индивидуальной траектории обучения студента. Анализ модели организации образовательного процесса в контексте формирования индивидуального подхода позволяет разработать систему поддержки принятия решений (СППР). Под СППР понимают комплекс взаимосвязанных программ и данных, используемых для анализа ситуации, формулирования альтернативных решений и выбора из них наиболее приемлемых. СППР часто используются при построении индивидуальной траектории обучения, т.к. эту задачу можно отнести к дискретной многокритериальной задаче, создающей значительную нагрузку на лицо, принимающее решение. Разработан новый метод управления траекторией обучения. В статье рассматривается постановка и решение задачи нахождения оптимальной индивидуальной образовательной траектории студента в виде динамической модели управления траекторией обучения, использующей балльные оценки по дисциплинам для формирования последовательности изучаемых дисциплин. Новая модель управления траекторией обучения основана на динамической модели слежения за эталонной траекторией. Задача может быть преобразована к эквивалентной модели линейного программирования, для которой разработаны надежные методы решения. Для решения задач большой размерности можно воспользоваться методом управления с прогнозирующей моделью.

Summary. In connection with the transition of the educational system to a competence-oriented approach, the problem of learning outcomes assessment and creating an individual learning trajectory of a student has become relevant. Its solution requires the application of modern information technologies. The third generation of Federal state educational standards of higher professional education (FSSES HPE) defines the requirements for the results of mastering the basic educational programs (BEP). According to FSSES HPE up to 50% of subjects have a variable character, i.e. depend on the choice of a student. It significantly influences on the results of developing various competencies. The problem of forming student's learning trajectory is analyzed in general and the choice of an individual direction was studied in details. Various methods, models and algorithms of the student's individual learning trajectory formation were described. The analysis of the model of educational process organization in terms of individual approach makes it possible to develop a decision support system (DSS). DSS is a set of interrelated programs and data used for analysis of situation, development of alternative solutions and selection of the most acceptable alternative. DSSs are often used when building individual learning path, because this task can be considered as a discrete multi-criteria problem, creating a significant burden on the decision maker. A new method of controlling the learning trajectory has been developed. The article discusses problem statement and solution of determining student's optimal individual educational trajectory as a dynamic model of learning trajectory control, which uses score assessment to construct a sequence of studied subjects. A new model of management learning trajectory is based on dynamic models for tracking the reference trajectory. The task can be converted to an equivalent model of linear programming, for which a reliable solution methods are developed. To solve large-scale problems, you can use the control method with the predictable model.

Ключевые слова: оценка компетенций, динамическая модель, информационные технологии, анализ, обучение

Keywords: assessment, dynamic model, information technology, analysis, training

© Мицель А.А., Черняева Н.В., 2015

В связи с переходом системы образования на компетентностно-ориентированный подход актуальной является проблема оценивания результатов обучения, а так же построения индивидуальной траектории обучения студента, решение которых требует применения современных информационных технологий. В соответствии с федеральными государственными стандартами высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) третьего поколения, определяющими требования к результатам освоения основных образовательных программ (ООП), до 50 % дисциплин имеет вариативный характер, т.е. зависят от выбора студента. Это значительно отражается на результатах формирования различных компетенций.

В статье рассматриваются модели, методы и алгоритмы нахождения оптимальной индивидуальной образовательной траектории студента. Разработан новый метод управления траекторией обучения в виде динамической модели, использующей балльные оценки по дисциплинам для формирования последовательности изучаемых дисциплин.

Рассмотрим подходы к решению проблемы формирования и выбора индивидуальной траектории обучения студента. Одним из примеров разработки информационных технологий для решения задач оценки компетентности студента является работа Г.И. Алгазина и О.В. Чудовой, в основе которой лежит гибридная экспертная система с учетом различных типов измерительных шкал [1]. Для структурирования информации использовался иерархический подход.

Анализ модели организации образовательного процесса в контексте формирования индивидуального подхода позволяет разработать систему поддержки принятия решений (СППР). Под СППР понимают комплекс взаимосвязанных программ и данных, используемых для анализа ситуации, формулирования альтернативных решений и выбора из них наиболее приемлемых. Пример такой СППР предложен в работе И.В. Добросоцкой и Л.Н. Крахт [2]. СППР часто используются при построении индивидуальной траектории обучения, т.к. эту задачу можно отнести к дискретной многокритериальной задаче, создающей значительную нагрузку на лицо, принимающее решение. СППР часто используются при построении индивидуальной траектории обучения, т.к. эту задачу можно отнести к дискретной многокритериальной задаче, создающей значительную нагрузку на лицо, принимающее решение. В статье [3] рас-

смотрены и проанализированы три способа представления данных в СППР, используя объективные и субъективные показатели.

На основе экспертных оценок построена так же модель управления индивидуальной траекторией обучения студентов, предложенная авторами: А.В. Ткаченко, А.И. Ткаченко и В.В. Серебровский [4, 5]. В основе алгоритма управления обучением лежит оценка вероятности правильного применения на k -шаге обучения операции u , соответствующей состоянию обученности студента, с помощью формулы Байеса.

Алгоритм Байеса довольно часто применяется при обработке и анализе данных. В работе [6] данный метод применяется для классификации текстовой информации, снижая неопределенность и неоднозначность естественного языка.

Анализ научных работ по проблеме нашего исследования дал нам основания для разработки собственной динамической модели формирования индивидуальной траектории обучения студента при ограничениях.

Произведем постановку задачи. Обозначим через N_t , $t = 1, \dots, T$ количество дисциплин, которые осваивает студент за семестр t . Здесь T – срок обучения (количество семестров).

Результатом освоения дисциплин является приобретение множества компетенций. В отличие от работы [1] структуру модели компетентности выпускника представим в виде трех уровней, так как это прописано в ФГОС-3:

- первый уровень — компетентность;
- второй уровень — общекультурные и профессиональные компетенции;
- третий уровень — частные компетенции.

Компетентность студента можно оценить на основании множества оценок, полученных

студентом в процессе изучения
$$N = \sum_{t=1}^T N_t$$

дисциплин выбранной специальности.

Обозначим оценки по дисциплинам как $V_j(t)$, $j = 1, \dots, N_t$, где N_t – количество дисциплин, которые необходимо изучить в семестре t в соответствии с учебным планом.

Переменные V_j можно оценивать в баллах, например по 100-балльной шкале. При этом традиционная оценка, выставляемая в экзаменационную ведомость, в каждом конкретном вузе определяется по собственной шкале. Например, в НИ ТПУ (г. Томск) перевод баллов в традиционные оценки осуществляется в соответствии с таблицей 1.

Т а б л и ц а 1

Перевод баллов в оценки НИ ТПУ

Оценка		
Отлично	A ⁺	96 – 100 баллов
	A	90 – 95 баллов
Хорошо	B ⁺	80 – 89 баллов
	B	70 – 79 баллов
Удовлетворительно	C ⁺	65 – 69 баллов
	C	55 – 64 баллов
Зачтено	D	больше или равно 55 баллов
Неуд. / незачет	F	менее 55 баллов

Интегральная оценка студента $V(t)$ в момент времени t равна $V(t) = \sum_{j=1}^{N_t} w_j V_j(t)$, $t=1, \dots, T$, где w_j – веса значимости дисциплины.

Динамику успеваемости студента в дискретном времени будем описывать уравнением:

$$V_j(t+1) = (1 + \mu_j(t) + \eta_j(t)) (V_j(t) + u_j(t)), \quad (1)$$

$$j=1, \dots, N_t.$$

Здесь $\mu_j(t)$ – среднее значение трудоемкости усвоения j -й дисциплины; $\eta_j(t)$ – случайная составляющая (отклонение) трудоемкости усвоения j -й дисциплины с параметрами:

$$M(\eta_i(t)) = 0, \quad M(\eta_i(t)\eta_k(t)) = \Sigma_{ik}(t),$$

$$i, k = 1, \dots, n$$

где $\Sigma_{ik}(t)$ – матрица ковариации трудоемкостей освоения дисциплин. Величины $\mu_j(t)$ определяются на основе исторических данных по семестровой аттестации. $u_j(t)$ – баллы, полученные в течение семестра по данной дисциплине ($u_j(t) > 0$), либо штрафные баллы ($u_j(t) < 0$).

Трудоемкость усвоения j -й дисциплины k -м студентом $\rho_{jk}(t)$ в рассматриваемом семестре в году t определим как $\rho_{jk}(t) = \frac{1}{V_{jk}(t)}$, где $V_{jk}(t)$ – итоговая балльная оценка по дисциплине в семестре t . Тогда среднее значение μ_j и матрицу ковариации Σ_{ij} вычисляем по формулам:

$$\mu_j = \frac{1}{T \cdot N_g(t)} \sum_{k=1}^{N_g(t)} \sum_{t=1}^T \frac{1}{V_{kj}(t)},$$

$$\Sigma_{ij} = \frac{1}{T \cdot N_g(t) - 1} \sum_{k=1}^{N_g(t)} \sum_{t=1}^T (\rho_{ik}(t) - \mu_i)(\rho_{jk}(t) - \mu_j)$$

Здесь T – исторический горизонт (количество лет); t – номер года; $N_g(t)$ – количество студентов в группе в году t .

Введем «эталонную» интегральную балльную оценку $V^0(t)$ и запишем уравнение эталонного студента следующим образом:

$$V^0(t+1) = [1 + \mu_0(t)] V^0(t), \quad (2)$$

где $\mu_0(t)$ – заданная трудоемкость эталонного студента (задается экспертным путем).

Начальное условие $V^0(0) = V(0) = 0$, т.е. в начальный момент времени балльная оценка эталонного студента, также как и балльная оценка реального студента равна нулю.

Задача управления траекторией обучения студента заключается в подборе дисциплин и заданий на основании оценок результатов усвоения учебной программы таким образом, чтобы сформированная траектория обучения следовала эталонной на горизонте управления T , где T – промежуток времени, за который студент осваивает программу специальности.

Введем вектор $y(t) = (V_1, \dots, V_N)^T$ и вектор $z(t) = (y(t), V^0(t))^T$. Тогда уравнения (1), (2) можно переписать в виде:

$$z(t+1) = A(t)z(t) + B(t)u(t), \quad (3)$$

где $A(t) = \bar{A}(t) + A(t)$; $\bar{A}(t)$, $A(t)$ – диагональные матрицы размерности $(N+1) \times (N+1)$ с элементами:

$$A(t) = \text{diag}((1 + \mu_1(t))d_{1t}, \dots, (1 + \mu_N(t))d_{Nt}; 1 + \mu_0(t));$$

$$\bar{A}(t) = \text{diag}(\eta_1(t)d_{1t}, \dots, \eta_N(t)d_{Nt}; 0).$$

$d_{jt} = 1$ или 0 в зависимости от наличия дисциплины j в семестре t .

Матрица $B(t)$ размерности $(N+1) \times N$ имеет следующую структуру:

$$B(t) = \begin{pmatrix} A_{11}(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & A_{22}(t) & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & A_{NN}(t) \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

В качестве целевой функции выберем линейный функционал:

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} (V(t) - V^0(t)) + \sum_{t=0}^{T-1} b^T(t) \cdot u(t) + (V(T) - V^0(T)) \right\} \rightarrow \min_{u(t)},$$

$$\text{где } b(t) = (\mu_1(t)d_{1t}, \dots, \mu_N(t)d_{Nt})^T.$$

Используя $z(t)$, перепишем $(V(t) - V^0(t))$ в форме $(V(t) - V^0(t)) = Cz(t)$, где $C = (1, 1, \dots, 1, -1) \in R^{N+1}$. Критерий качества J примет вид:

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} Cz(t) + \sum_{t=0}^{T-1} b^T(t) \cdot u(t) + Cz(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)} \quad (4)$$

Итак, имеем задачу оптимального управления, в которой уравнение состояния описывается многошаговым процессом (3), а функционал качества – выражением (4). Управление задается вектором $u(t)$. Задача решается при ограничении $V(t) \geq V^0(t)$ или $C \cdot z(t) \geq 0$.

Опишем ограничения задачи.

Ограничение, связанное с запретом штрафных баллов, имеет вид:

$$u(t) \geq 0, \quad t = 0, \dots, T-1.$$

Введем ограничения на балльные оценки дисциплин, определяемые таблицей:

$$c_j^{\min} \leq y_j(t) + u_j(t) \leq c_j^{\max}, \quad j = 1, \dots, N. \quad (5)$$

Здесь $c_j^{\min}$, $c_j^{\max}$ – минимальное и максимальное количество баллов, которые может набрать студент для получения отметки в зачетной книжке ($c_j^{\min} = 55$, $c_j^{\max} = 100$, см. таблицу).

В терминах $z(t)$ ограничения (5) примут вид:

$$c^{\min} \leq z(t) + Y(t)u(t) \leq c^{\max}, \quad t = 0, \dots, T-1$$

где Y – матрица размерности $(N+1) \times N$ с элементами:

$$Y = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \\ 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

Ограничение по семестровой трудоёмкости изучения дисциплин представим как:

$$\frac{M_{\min}^g(t)}{N_t} \leq \frac{\sum_{j=1}^N k_j d_{jt} y_j(t)}{100 N_t} \leq \frac{M_{\max}^g(t)}{N_t}, \quad (6)$$

$$t = 1, \dots, T$$

где k_j – количество кредитов по j -й дисциплине; $N_t = \sum_{j=1}^N d_{jt}$ – количество дисциплин, изучаемых в семестре t .

$M_{\min}^g(t)$, $M_{\max}^g(t)$ – минимальное и максимальное значения кредитов по циклу дисциплин, определяемые учебным планом. Например,

для бакалавриата по техническим специальностям и направлениям выделяют гуманитарный, социальный и экономический цикл ($g = 1$), математический и естественнонаучный цикл ($g = 2$) и профессиональный цикл ($g = 3$). По каждому из этих циклов в ФГОС-3 определены минимальное и максимальное количество кредитов.

Введем вектор:

$$D(t) = \frac{1}{100 N_t} (d_{1,t} k_1, d_{2,t} k_2, \dots, d_{N,t} k_N; 0).$$

Тогда ограничение (6) примет вид

$$\frac{M_{\min}^g(t)}{N_t} \leq D(t)z(t) \leq \frac{M_{\max}^g(t)}{N_t}, \quad t = 1, \dots, T.$$

Для учета дисциплин-пререквизитов введем коэффициенты r_{ij} . В работе [2] эти коэффициенты называются коэффициентами тесноты междисциплинарной связи. В отличие от работы [2] коэффициенты r_{ij} будем полагать равными 0 либо 1. Коэффициент $r_{ij} = 1$, если для изучения j -й дисциплины требуется предварительно изучить дисциплину под номером i и $r_{ij} = 0$ — в противном случае. Для учета дисциплин-коррективов введем коэффициент f_{ij} , который равен 1, если i -я дисциплина в дальнейшем используется для изучения j -й дисциплины, и $f_{ij} = 0$ — в противном случае. С помощью этих коэффициентов определяется порядок изучения дисциплин, который задается индивидуальным учебным планом. Если $r_{ij} = 0$ и $f_{ij} = 0$, то возможно параллельное изучение дисциплин.

Ограничения, связанные с порядком изучения дисциплин в каждом семестре t , запишем в виде:

$$N_t c_k^{\min} \leq \sum_{i=1}^N r_{ik} d_{it} y_i(t) \leq c_k^{\max} N_t,$$

$$N_t c_i^{\min} \leq \sum_{k=1}^N f_{ik} d_{kt} y_k(t) \leq c_i^{\max} N_t, \quad (7)$$

$$k = 1, \dots, N_t, \quad i = 1, \dots, N_t$$

Здесь $c_k^{\min}$, $c_k^{\max}$ – минимальное количество баллов, допускаемых по данной дисциплине (таблица 1).

Если вводить ограничения с порядком изучения дисциплин в течение всего периода обучения T , не привязываясь к конкретному семестру, то вместо (7) будем иметь:

$$N c_k^{\min} \leq \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T r_{ik} d_{it} y_i(t) \leq c_k^{\max} N,$$

$$N c_i^{\min} \leq \sum_{k=1}^N \sum_{t=1}^T f_{ik} d_{kt} y_k(t) \leq c_i^{\max} N, \quad (8)$$

$$k = 1, \dots, N, \quad i = 1, \dots, N$$

Введем вектора:

$$R^k(t) = (r_{1,k}d_{1,t}, r_{2,k}d_{2,t}, \dots, r_{N,k}d_{N,t}, 0),$$

$$F^i(t) = (f_{i,1}d_{1,t}, f_{i,2}d_{2,t}, \dots, f_{i,N}d_{N,t}, 0)$$

и перепишем ограничения (7) в терминах $z(t)$, получим:

$$N_t c_k^{\min} \leq R^k(t)z(t) \leq c_k^{\max} N_t, \quad k = 1, \dots, N;$$

$$N_t c_i^{\min} \leq F^i(t)z(t) \leq c_i^{\max} N_t, \quad i = 1, \dots, N.$$

Ограничения (8) примут вид:

$$N c_k^{\min} \leq \sum_{t=1}^T R^k(t)z(t) \leq c_k^{\max} N, \quad k = 1, \dots, N;$$

$$N c_i^{\min} \leq \sum_{t=1}^T F^i(t)z(t) \leq c_i^{\max} N, \quad i = 1, \dots, N.$$

Для решения задачи слежения необходимо за-

дать начальное состояние системы $z(0) = \begin{pmatrix} y(0) \\ V^0(0) \end{pmatrix}$.

Начальные баллы реального и эталонного студента считаем равными нулю $V(0) = V^0(0) = 0$.

Итак, сформулируем окончательно задачу управления индивидуальной траекторией обучения:

$$J = M \left\{ \sum_{t=1}^{T-1} C z(t) + \sum_{t=0}^{T-1} b^T(t) \cdot u(t) + C z(T) \right\} \rightarrow \min_{u(t)}, \quad (9)$$

ЛИТЕРАТУРА

1 Алгазин Г. И., Чудова О. В. Информационные технологии комплексной оценки компетентности выпускника вуза // Вестник НГУ. Сер.: Информационные технологии. 2009. Т. 7. Вып. 3.

2 Добросоцкая И.В., Крахт Л.Н. Система поддержки принятия решений при формировании индивидуальной траектории обучения // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2009. Т. 5. № 9. С. 197-200.

3 Геттингер Дж., Кислинг Е., Стаммер С., Ветсчера Р. Сравнение изображений для решения многокритериальных задач // Системы Поддержки Принятия Решений. 2013. №54. С. 976-985.

4 Ткаченко А.В., Ткаченко А.И. Модель и алгоритм управления индивидуальной траекторией обучения // Известия Юго-Западного государственного университета. Сер.: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. №1. С. 34.

5 Серебровский В.В., Ткаченко А.В., Ткаченко А.И. Инновационные технологии в образовании: обучение по индивидуальной траектории // Известия Юго-Западного государственного университета. 2013. №1 (46). С. 26- 31.

6 Ферсини Е., Мессина Е., Поцци Ф.А. Анализ настроений: Байесовское множество обучения // Системы Поддержки Принятия Решений. 2014. №68. С. 26-38.

$$z(t+1) = A(t)z(t) + B(t)u(t), \quad (10)$$

$$C \cdot z(t) \geq 0,$$

$$c^{\min} \leq z(t) + Yu(t) \leq c^{\max},$$

$$t = 0, \dots, T-1;$$

$$N_t c_k^{\min} \leq R^k(t)z(t) \leq c_k^{\max} N_t,$$

$$k = 1, \dots, N;$$

$$N_t c_i^{\min} \leq F^i(t)z(t) \leq c_i^{\max} N_t, \quad (11)$$

$$i = 1, \dots, N;$$

$$\frac{M_{\min}^g(t)}{N_t} \leq D(t)z(t) \leq \frac{M_{\max}^g(t)}{N_t},$$

$$t = 1, \dots, T;$$

$$u(t) \geq 0, \quad t = 0, 1, \dots, T-1$$

Задача (9)-(11) является линейной задачей динамического программирования. Ее можно привести к эквивалентной задаче линейного программирования, для которой разработаны надежные методы решения.

Разработан новый метод управления траекторией обучения, позволяющий сформировать оптимальную индивидуальную траекторию обучения студента, основанную на динамической модели.

Задача может быть решена стандартным симплекс-методом с помощью любого математического пакета (например, Mathcad).

REFERENCES

1 Algazin G., Chudova O. Information technology of complex estimation of high school graduate competence. *Vestnik NGU*. [Bulletin of the NSU: Information technology], 2009, vol. 7, issue 3, pp. 70-78. (In Russ.).

2 I. Dobrosotskaya I.V., Krakht L.N. System of support of decision-making at formation of the individual trajectory of training. *Vestnik VGTU*. [Bulletin of Voronezh state technical University], 2009, vol. 5, no. 9, pp. 197-200. (In Russ.).

3 J. Gettinger, E. Kiesling, C. Stummer, R. Vetschera, A comparison of representations for discrete multi-criteria decision problems. *Decision Support Systems*, 2013, no. 54, pp. 976-985.

4 Tkachenko A.V., Tkachenko A.I. Model and algorithm of management of individual learning path. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. [Proceedings of the South-West State University], 2013, no. 1, pp. 34-39. (In Russ.).

5 Serebrovskii V.V., Tkachenko A.V., Tkachenko A.I. Innovative technologies in education: training on an individual trajectory. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta*. [Proceedings of the South-West State University], 2013, no.1 (46), pp. 26- 31. (In Russ.).

6 E. Fersini, E.Messina, F.A.Pozzi, Sentiment analysis: Bayesian Ensemble Learning, *Decision Support Systems* 68 (2014) 26-38.

УДК 65.011.56

Заведующая кафедрой М.М. Благовещенская,
старший преподаватель Е.Б. Карелина

(Москва, Россия, Московский государственный университет пищевых производств.)
кафедра информационных технологий и автоматизированных систем. тел.+7 (499) 750-01-11
E-mail: mmb@mgupp.ru

доцент Д.Ю. Клехо

(Москва, Россия, Московский государственный гуманитарный университет.)
кафедра информационных технологий и ресурсов. тел.+7 (495) 250-61-18
E-mail: kleho62@mail.ru

Head of department M.M. Blagoveshchenskaya,
senior lecturer E.B. Karelina

(Moscow, Russia, Moscow State University of Food Production.)
Department of information technology and automated systems. phone +7 (499) 750-01-11
E-mail: mmb@mgupp.ru

associate Professor D.Yu. Klekho

(Moscow, Russia, Russian State University for the Humanities.)
Department of Information Technologies and Resources. phone +7 (495) 250-61-18
E-mail: kleho62@mail.ru

Внедрение scada-системы trace mode в производственные процессы на примере бестарного хранения муки

Introduction scada-system trace mode in the manufacturing processes based on the bulk storage of flour

Резюме. В статье представлена модель управления качеством технологических процессов, в том числе мукомольного предприятия с помощью SCADA-систем. Показано, что мукомольное производство в России является важным звеном агропромышленного комплекса, поскольку оно обеспечивает производство основного продукта питания людей – муки. Хранение муки является неотъемлемой и важной частью общего технологического процесса приготовления хлеба и хлебобулочных изделий. При правильном хранении процессы, протекающие при этом в муке, до известного предела в основном улучшают её качество. Однако в конечном итоге в зависимости от условий хранения каждая мука по-разному реагирует на отлежку и соответственно на качество готового продукта. В связи с этим в статье обоснована важность и необходимость применения современных информационных технологий в производственный процесс. Представлены архитектура SCADA-системы Trace Mode 5.0, внутренние и внешние программные интерфейсы для обмена данными, редакторы для реализации отдельных элементов управления, функциональные возможности данной системы для решения стратегических задач в мукомольном производстве, отличительные особенности Trace Mode 5.0 от других популярных SCADA-систем. Разработан программно-аппаратный комплекс на основе SCADA-системы Trace Mode 5.0 для технологического процесса бестарного хранения муки, выбраны наиболее оптимальные языки программирования контроллеров и интерфейсов, входящих в систему. Описаны основные уровни АСУТП для управления бестарным хранением муки. Показано, что управление качеством на предприятии предусматривает сбор, обработку и анализ информации о состоянии материальных потоков и производственных процессов на всех их стадиях.

Summary. The article presents a model of quality management processes, including milling enterprises using SCADA-systems. It is shown that the flour production in Russia is an important part of agriculture, because it ensures the production of staple food of people - flour. Storing flour is an integral and important part of the overall process of making bread and bakery products. If stored properly the processes occurring at the same time in the flour, to a certain extent generally improve its quality. Ultimately, however, depending on the storage conditions for each meal reacts to different binning and consequently the quality of the finished product. In this regard, in the article the importance and necessity of the use of modern information technology in the production process. Presents the architecture of SCADA-system Trace Mode 5.0, internal and external software interfaces for data exchange, the editors for the implementation of individual controls, the functionality of the system to solve strategic problems in the milling, features Trace Mode 5.0 from other popular SCADA-systems. Developed software and hardware system based on SCADA-system Trace Mode 5 to process bulk storage of flour, to choose the best programming languages controllers and interfaces in the system. The basic levels of the control system for controlling the bulk storage of flour. It has been shown that quality management in the company provides collection, processing and analysis of information on the state of material flows and processes at all their stages.

Ключевые слова: качество, управление качеством, мука, мукомольная промышленность, Scada-системы, интерфейсы, редакторы, задачи управления, уровни иерархии.

Keywords: quality, quality management, flour, milling industry, Scada-systems, interfaces, editors, task management, levels of hierarchy.

© Благовещенская М.М., Карелина Е.Б., Клехо Д.Ю., 2015

В последнее время происходит достаточно активное развитие информационных технологий, которое обусловлено высокой потребностью общества в них, в первую очередь потребностями производства. В современном мире использование информационных технологий становится возможным даже там, где, казалось бы, они никогда не смогут дополнить или даже полностью заменить труд специалиста. Огромное количество задач, которое ранее требовало монотонной и долгой работы, стало возможно решить при помощи компьютера за считанные минуты, что значительно упростило жизнь, помогло сэкономить рабочее время и успешно помогает снизить различные затраты в производственных процессах [1].

Введение различных систем автоматизации в производственные процессы помогает значительно уменьшить количество наемных рабочих, отдав предпочтение нескольким специалистам в конкретной области информационных технологий, которые смогут контролировать все производство. Всё это приводит к существенной экономии средств, несмотря на высокий уровень зарплат подобных специалистов. В современном производстве автоматизация выигрывает, поэтому квалифицированному специалисту важно не только знать о существовании систем автоматизации, но и уметь с ними работать в совершенстве.

В настоящее время в России зерноперерабатывающая и мукомольная промышленность являются наиболее значимыми отраслями агропромышленного комплекса с точки зрения социальной политики государства. Получаемые из зерна и муки продукты жизненно необходимы всем возрастным категориям граждан. Все это указывает на то, что основной критерий продовольственной безопасности страны - это стабильное обеспечение среднестатистического потребления продуктами переработки зерна, т.е. мукой высокого качества [2].

Одной из важнейших стадий производства муки и последующих продуктов из неё является её хранение. При соблюдении всех внешних и внутренних технологических параметров, процессы, протекающие в муке, до известного предела в основном улучшают её качество, однако в конечном итоге каждая мука по-разному реагирует на отлежку и соответственно на качество готового продукта. В настоящее время на мукомольных предприятиях, в связи с необходимостью уменьшения экономических затрат и повышения качества готового продукта, преимущественно используется бестарное хранение муки [3].

В связи с вышесказанным, становится всё более популярным внедрение SCADA-систем в производственные процессы, в том числе во все стадии мукомольной промышленности. Автоматизация того или иного пищевого производства является достаточно многокритериальной задачей, поэтому выбор SCADA-системы связан с поиском компромиссного решения относительно надежности, стоимости, технического уровня, удобства HMI (человеко-машинного интерфейса), затратами на сервисное обслуживание.

Наиболее популярной SCADA-системой для промышленной автоматизации в России является система Trace Mode 5.0, 6.0 – интегрированный инструментальный пакет для разработки автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора автоматизированной системы управления технологическим процессом (АСУ ТП), а также для программирования программируемых логических контроллеров (ПЛК).

Для процесса бестарного хранения муки в силосах предлагается использовать пятую версию интегрированной SCADA-системы. Trace Mode 5.0 основана на DCOM-базовой технологии корпорации Microsoft (США), положенной в основу всех ее современных продуктов (Windows NT, Windows 2000, SQL Server, MS Office и др.).

Архитектуру данной SCADA-системы можно условно разделить на два управляющих уровня. На нижнем уровне располагаются датчики, исполнительные механизмы, контроллеры и устройства связи с объектом. Для информационной связи контроллеров и исполнительных устройств используется сетевая технология Profibus. К верхнему уровню управления можно отнести высокопроизводительный сервер со встроенной базой данных реального времени, автоматизированное рабочее место оператора-технолога, а также различные клиентские и Web-приложения. Сетевое взаимодействие между уровнями также может осуществляться с помощью технологии Ethernet.

Как уже было сказано, основа Trace Mode - это мощный сервер и база данных, работающая в реальном масштабе времени для своевременного внесения изменений в технологический процесс (рисунок 1). Все программные интерфейсы максимально стандартизированы для удобной связи с различными внутренними и внешними компонентами, а также для получения возможности расширять и дополнять данную систему. Обмен информацией между сервером Trace Mode, клиентами и независимыми приложениями производится через интерфейсы OPC, DDE и DCOM.

Связь с PLC осуществляется не только через OPC и DDE, но и через собственный высокопроизводительный интерфейс T-COM. Для взаимодействия SCADA-системы с базой данных используется стандарт SQL или ODBC.

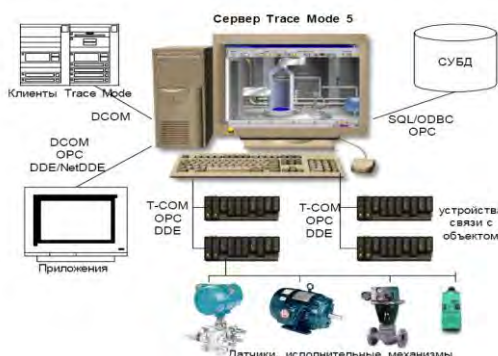


Рисунок 1. Структура SCADA-системы Trace Mode 5.0

Система Trace Mode 5.0 является российской разработкой и содержит ряд новых технологий проектирования АСУ ТП, отличающих ее от других популярных SCADA-систем. Среди них следующие:

- стандартизированные инструментальные средства (единая линия программирования) как для разработки операторских станций, так и для программирования логических контроллеров;
- возможность использования технологии автопостроения проекта;
- разработка распределенной АСУ ТП как единого проекта [4].

SCADA-система Trace Mode 5.0 имеет собственные функции программирования программируемых логических контроллеров (ПЛК) с помощью оригинальной системы – Микро монитора реального времени (Микро-МРВ). Программирование осуществляется в соответствии с международным стандартом IEC-61131-3, который описывает синтаксис основных языков программирования ПЛК. Данный стандарт содержит пять языков программирования, среди которых имеются как текстовые, так и графические. Сам процесс программирования является визуально понятным для инженеров-технологов и выполняется в виде языка функциональных блоков (язык Техно FBD) или на языке инструкций (Техно IL).

Любая SCADA-система предусматривает визуализацию всего технологического процесса в виде мнемосхем или изображения отдельных графических элементов технологического процесса на одном большом мониторе или нескольких стандартных, установленных на рабочем месте оператора. Для данных целей в системе Trace Mode создан объектно-ориентированный редактор представления данных. Редактор позволяет создавать мнемосхемы для всех узлов распре-

ленной АСУ ТП, а также создавать объемные изображения. Графические изображения создаются в векторном формате. В системе предусмотрена большая библиотека стандартных технологических объектов: различных емкостей, теплообменников, электротехнических элементов, панелей управления, регуляторов, приборов и т.д. Для большего удобства и точности отображения технологического процесса имеется возможность создания собственных операторских форм ActiveX, используя Visual Basic, Visual C++ и т.д.

Как и многие популярные SCADA-системы, Trace Mode 5.0 имеет распределенную базу данных реального времени (БДРВ). Поэтому распределенная АСУ ТП, имеющая несколько компьютеров и контроллеров, рассматривается системой как единый проект. Отдельные же узлы здесь имеют информацию обо всех остальных узлах системы, и в случае изменения или модификации одного узла, автоматически обновляются соответствующие базы данных на других узлах. В данном случае автоматизированную систему управления можно рассматривать как в архитектуре клиент-сервер, так и в виде распределенной системы управления.

Верхним или управляющим уровнем АСУ ТП в системе Trace Mode 5.0 является административный. На данном уровне используются модули *Supervisor*, которые предоставляют оператору процесса и руководителю производства информацию о ходе и прогнозировании характеристик технологических процессов, статических и технологических параметров предприятия. Так как данная система обладает функцией горячего резервирования, то при неполадке одного из ПЛК или сервера, управление технологическим процессом передается аналогичным, запасным элементам управления. Таким образом, достигается высокая надежность работы диспетчерского комплекса [5].

В процессе безтарного хранения муки SCADA-система Trace Mode 5.0 должна решать следующие задачи:

- обеспечение мониторинга всего процесса;
- сбор, хранение, обработка информации, организация выдачи управляющих воздействий исполнительным механизмам и контроллерам, входящим в состав контуров циркуляции информации;
- диспетчерское управление;
- графическое отображение всего процесса в виде мнемосхемы или объемного рисунка;
- тревожная сигнализация;
- ведение журналов событий;
- документирование и архивирование данных;
- горячее резервирование данных.

Данная АСУТП, построенная на базе Trace Mode 5.0, должна содержать три уровня иерархии. Нижний (первый) уровень управления, как правило, состоит из измерительных преобразователей (датчиков) и сигнализаторов параметров, средств управления исполнительными устройствами и пусковой аппаратурой. На втором уровне находятся программируемые логические контроллеры в количестве трех комплектов с резервированием на базе ЭВМ. Административный (третий), самый верхний уровень должен состоять из мощного сервера, ЭВМ, локальной вычислительной сети, диспетчерского пульта управления, сервера базы данных и АРМ (автоматизированного рабочего места) оператора-технолога. В качестве АРМ оператора чаще всего используются промышленные персональные компьютеры, которые обладают повышенными показателями защиты от вредных воздействий окружающей среды – пыли, влаги и температуры. В данном случае выбор может быть сделан в пользу продукции фирмы Siemens – SIMATIC Panel PC. Альтернативой здесь можно рассматривать также продукцию компании IEC

Technology – в линейке моделей, которой, присутствуют рабочие станции с сенсорным экраном. Автоматизированные рабочие места подключаются к единой технологической платформе, которая работает на базе сервера. Для получения и обмена информацией о технологических параметрах хранимой муки можно воспользоваться программируемым логическим контроллером SIMATIC S7 компании Siemens AG. Данный контроллер служит также для позиционирования, подсчета событий, масштабирования и управления клапанами.

Производство муки и хранение её запасов требует не только хорошей материально-технической базы, но и специалистов, обладающих глубокими знаниями в области автоматизации и информатизации технологических процессов пищевой промышленности. Исходя из этого, правильная организация технологических процессов и реализация системы автоматического управления складом бестарного хранения муки является ключевым фактором, влияющим на сохранность муки и качество готовой продукции.

ЛИТЕРАТУРА

1 Карелина Е.Б., Благовещенская М.М., Клехо Д.Ю., Благовещенский И.Г. и др. Контроль качества хранения муки с применением нейросетевых технологий // Материалы V международной научно-практической конференции «21 век: фундаментальная наука и технологии. Том 1». North Charleston, SC, USA 29406. spc Academic. 2014. С. 154-156.

2 Титов Д.В., Благовещенская М.М. Предпосылки управления качеством в мукомольном производстве // Материалы первой международной научно-практической конференции-выставки «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины», Москва. 2012. С. 191-193.

3 Савостин С.Д., Жиринова Е.В. Создание системы менеджмента качества на мукомольном предприятии, методические и практические решения // Материалы первой международной научно-практической конференции-выставки «Планирование и обеспечение подготовки и переподготовки кадров для отраслей пищевой промышленности и медицины», Москва. 2012. С. 38-41.

4 Рябова А.В., Никитина Л.А. Значение инноваций в пищевой отрасли // Сборник материалов научно-практической конференции «Экономические аспекты пищевых производств», Москва. 2012. С. 150-153.

5 Егоров В.Б. Управление процессом помола муки: анализ показателей качества сырья как случайных процессов // Автоматизация технологических и бизнес-процессов. 2014. № 18.

REFERENCES

1 Karelina E.B., Blagoveshchenskaya M.M., Klekho D.Yu., Blagoveshchenskii I.G. et al. Quality control storage of flour with the use of neural network technology. Materialy V mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference "21st Century: basic science and technology. Volume 1. North Charleston, SC, USA 29406. spc Academic]. 2014, pp. 154-156. (In Russ.).

2 Titov D.V., Blagoveshchenskaya M.M. Pre-requisites of quality management in the milling industry. Materialy pervoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii-vystavki [Proceedings of the First International scientific and practical conference-exhibition "Planning and provision of training and retraining for the food industry and medicine", Moscow]. 2012, pp. 191-193. (In Russ.).

3 Savostin S.D., Zhirnova E.V. Creating a quality management system in the maquilage industry, methodical and practical solutions. Materialy pervoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii-vystavki [Proceedings of the First International scientific and practical conference-exhibition "Planning and provision of training and retraining for the food industry and medicine", Moscow]. 2012, pp. 38-41. (In Russ.).

4 Ryabova A.V., Nikitina L.A. The importance of innovation in the food industry. Sbornik materialov nauchno-prakticheskoi konferentsii [Collection of materials of scientific-practical conference "Economic aspects of food production", Moscow]. 2012, pp. 150-153. (In Russ.).

5 Egorov V.B. Managing the process of grinding flour: an analysis of indicators of the quality of raw materials as a random process. Avtomatizatsiya tekhnologicheskikh i bisness-protsessov. [Automation of technological and business processes], 2014, no. 18. (In Russ.).

УДК 681.3

Доцент Е.В. Белокурова, доцент А.А. Дерканосова
(Воронежский государственный университет инженерных технологий)
кафедра сервиса и ресторанного бизнеса, тел. (473) 2553-882
адъюнкт А.А. Змеев
(Воронеж, ВИ ФСИН России) кафедра МиЕНД. тел. (8473)260-68-19
аспирант А.П. Сидельников
(Воронеж, ВГТУ) кафедра СИБ. тел. (8473)274-57-14

Associate Professor E.V. Belokurova,
associate Professor A.A. Derkanosova
(Voronezh state university of engineering technology)
Department of service and restaurant business. phone (473) 2553-882
associate A.A. Zmeev
(Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service)
Department of mathematics and natural sciences. phone (8473) 260-68-19
graduate A.P. Sidelnikov
(Voronezh, Voronezh State Technical University) Department of NIB. phone (8473) 274-57-14

Способы оценки угроз безопасности конфиденциальной информации для информационно-телекоммуникационных систем

Methods for assessing security threats confidential information for the Information and telecommunications systems

Реферат. В статье рассматриваются различные подходы к оценке безопасности конфиденциальной информации для информационно-телекоммуникационных систем различного предметного назначения в условиях наличия внутренних и внешних угроз ее целостности и доступности. Сложности с обеспечением безопасности конфиденциальной информации от воздействия на информационно-телекоммуникационную системы внешних и внутренних угроз в настоящее время приобретает особую актуальность. Указанная проблема подтверждается анализом имеющейся статистической информации о влиянии угроз на безопасность, циркулирующей в информационно-телекоммуникационной системе. Утечка конфиденциальной информации, интеллектуальной собственности, информации «ноу-хау» является следствием значительного материального и морального ущерба, который наносится собственнику информации ограниченного распространения. В работе приведена структура показателей и критериев свидетельствует о том, что наиболее перспективными являются аналитические критерии. Однако их применение для оценки уровня безопасности конфиденциальной информации затруднительно из-за отсутствия соответствующих математических моделей. Сложность проблемы заключается в том, что традиционные существующие математические модели не всегда приемлемы для указанных целей. Следовательно, необходима разработка математических моделей, предназначенных для оценки безопасности конфиденциальной информации с учетом воздействия на информационно-телекоммуникационную систему угроз.

Summary. The article discusses the different approaches to assessing the safety of confidential information-term for information and telecommunication systems of various pre-appreciable destination in the presence of internal and external threats to its integrity and availability. The difficulty of ensuring the security of confidential information from exposure to information and telecommunication systems of external and internal threats at the present time, is of particular relevance. This problem is confirmed by the analysis of available statistical information on the impact of threats on the security circulating in the information and telecommunications system. Leak confidential information, intellectual property, information, know-how is the result of significant material and moral damage caused to the owner of the restricted information. The paper presents the structure of the indicators and criteria shows that the most promising are analytical criteria. However, their use to assess the level of security of confidential information is difficult due to the lack of appropriate mathematical models. The complexity of the problem is that existing traditional mathematical models are not always appropriate for the stated objectives. Therefore, it is necessary to develop mathematical models designed to assess the security of confidential information and its impact on information and telecommunication system threats.

Ключевые слова: защита информации, угроза, информационная система.

Keywords: information security, threat, information system.

© Белокурова Е.В., Дерканосова А.А.
Змеев А.А., Сидельников А.П., 2015

Проблема, связанная с обеспечением безопасности конфиденциальной информации (КИ) от воздействия на информационно-телекоммуникационную системы (ИТКС) внешних и внутренних угроз в настоящее время приобретает особую актуальность. Указанная проблема подтверждается анализом имеющейся статистической информации о влиянии угроз на безопасность КИ, циркулирующей в ИТКС. Утечка КИ, интеллектуальной собственности, информации «ноу-хау» является следствием значительного материального и морального ущерба, который наносится собственнику информации ограниченного распространения.

Хаотичный и в ряде случаев неконтролируемый рост числа абонентов сети, увеличение объемов хранимой и передаваемой информации, территориальная разнесённость сетей приводят к возрастанию потенциально возможного количества преднамеренных и непреднамеренных нарушений безопасности информации, возможных каналов или уязвимых звеньев несанкционированного проникновения в сети с целью чтения, копирования, подделки программного обеспечения, текстовой и другой информации.

Под угрозой информационной безопасности (ИБ) понимается действие или событие, которое может привести к разрушению, искажению или несанкционированному использованию ресурсов сети, включая хранимую, передаваемую и обрабатываемую информацию, а также программные и аппаратные средства.

Угрозы ИБ в ИТКС направлены на нарушение функционирования следующих компонентов ИТКС [1]:

- компьютеров с сетевыми адаптерами;
- коммуникационных элементов самого различного назначения;
- средства приема и передачи данных;
- средства отображения и хранения информации;
- технические системы и средства защиты информации;
- помещения, где располагается большинство узлов ИТКС.

При построении обобщенной модели угроз информационной безопасности ИТКС следует подробно рассмотреть следующие вопросы:

- классификацию угроз безопасности информации;
- определение видов представления информации, подлежащей защите в ИТКС и определение возможных каналов ее утечки;
- создание модели вероятного злоумышленника.

Угрозы информационной безопасности по степени преднамеренности можно разделить на:

- случайные, т.е. источником могут быть ошибки в программном обеспечении, выходы из строя аппаратных средств, неправильные действия пользователей или администрации сети и т.п.;

- умышленные угрозы в отличие от случайных преследуют цель нанесения ущерба пользователям сети и, в свою очередь, подразделяются на активные и пассивные;

- пассивные угрозы, как правило, направлены на несанкционированное использование информационных ресурсов, не оказывая при этом влияния на функционирование сети;

- активные угрозы имеют целью нарушить нормальный процесс функционирования сети посредством целенаправленного воздействия на ее аппаратные, программные и информационные ресурсы. Источниками таких угроз могут быть непосредственные действия злоумышленников, программные вирусы и т.п.

В зависимости от местонахождения источника возможной угрозы все угрозы делятся на две группы: внешние и внутренние. К внешним угрозам информационной безопасности (ИБ) относятся:

- деятельность иностранных разведывательных и специальных служб;

- деятельность конкурирующих иностранных экономических структур;

- деятельность политических и экономических структур, преступных групп и формирований, а также отдельных лиц внутри страны, направленная против интересов граждан, государства и общества в целом и проявляющаяся в виде воздействий на ИТКС;

- стихийные бедствия и катастрофы.

К внутренним угрозам ИБ относятся:

- нарушения установленных требований ИБ (непреднамеренные либо преднамеренные), допускаемые обслуживающим персоналом и пользователями ИТКС;

- отказы и неисправности технических средств обработки, хранения и передачи сообщений (данных), средств защиты и средств контроля эффективности, принятых мер по защите;

- сбои программного обеспечения, программных средств защиты информации и программных средств контроля эффективности принятия мер по защите.

Сложность и комплексность проблемы анализа и синтеза информационно-телекоммуникационных систем, иерархичность построения, присущая таким системам, предполагает, что оценка безопасности конфи-

денциальной информации должна осуществляться с применением системы показателей и критериев. Результаты такой оценки являются основой для принятия решений из некоторого множества альтернатив. Исследования показывают, что в указанных целях наиболее перспективным является применение статистических показателей и вероятностных критериев.

Статистические показатели могут быть абсолютными и относительными. В то же время абсолютные и относительные статистические показатели подразделяются на общие и частные.

Общие показатели характеризуют безопасность КИ по всем факторам или причинам, приводящим к угрозам, а частные — по конкретным факторам и причинам или по группам причин.

К общим абсолютным статистическим показателям безопасности КИ можно отнести следующие [1]:

- общее число угроз, воздействующих на ИТКС за определенный период (сутки, месяц, год и т. п.) n_y ;

- абсолютный ущерб, нанесенный собственнику в результате воздействия на ИТКС внутренних угроз (например, тыс. рублей) $R_{уц}$.

Абсолютные статистические показатели могут применяться для:

- выявления общих тенденций в динамике угроз, воздействующих на ИТКС;

- выявления и прогноза общего ущерба от воздействия угроз на ИТКС;

- разработки и применения плановых профилактических мероприятий по предупреждению появления угроз, их локализации и снижения величины ущерба от их реализации.

Основным недостатком абсолютных статистических показателей является то, что они характеризуют уровень безопасности КИ за прошедший период и не позволяют осуществлять прогноз на ближайшую перспективу.

К общим относительным статистическим показателям безопасности КИ относятся [1]:

- средняя наработка ИТКС на одну внутреннюю угрозу за определенный период (например, за год)

$$T_{cp} = \frac{t_{\Sigma}}{n_y}, \quad (1)$$

где t_{Σ} - суммарная наработка ИТКС за определенный период; n_y - количество внутренних угроз, проявившихся за этот же период;

- средняя наработка ИТКС на одну внутреннюю угрозу с последствиями за определенный период (например, за год):

$$T_{cp} = \frac{t_{\Sigma}}{(n_y)_{noc}}, \quad (2)$$

где $(n_y)_{noc}$ — количество угроз с последствиями за определенный период;

- средняя величина ущерба на одну угрозу с последствиями:

$$\bar{R} = \frac{R_{\Sigma}}{(n_y)_{noc}}, \quad (3)$$

где R_{Σ} - суммарная величина ущерба собственнику за определенный период (например, за год).

Общие относительные показатели безопасности КИ позволяют оценить общую тенденцию изменения наработки и наработки с последствиями с учетом воздействия на ИТКС внутренних угроз. При этом следует отметить, что вследствие применения замкнутых механизмов, совершенствования политики безопасности, проведения организационно-профилактических мероприятий, данные показатели имеют устойчивую тенденцию повышения.

В целом, общие статистические показатели имеют интегральный характер и не позволяют осуществить оценку и прогнозирование по отдельным угрозам, особенно тем, которые приводят к существенным последствиям. Эту задачу можно решить с помощью частных статистических показателей.

К частным статистическим показателям относятся [1]:

- распределение внутренних угроз по причинам, вызвавшим их появление (халатность, безответственность и т. п. сотрудников организации);

- распределение внутренних угроз по последствиям от воздействия на ИТКС (например, кража, подмена, уничтожение КИ и т. п.);

- распределение внутренних угроз по частоте появления однотипных внутренних угроз (например, частота кражи, подмены, перехвата КИ и т. п.);

- распределение внутренних угроз по степени риска собственнику КИ (например, наибольший, повышенный, средний, ограниченный, низкий и т. п.);

- распределение внутренних угроз по последствиям от воздействия внутренних угроз на КИ (например, катастрофические, критические, существенные, малосущественные, незначительные последствия).

Использование частных статистических показателей позволяет определить уровень безопасности КИ по отдельным внутренним угрозам, причинам их вызвавшим, последствиям воздействия на ИТКС в целом и ее элементы.

Использование информации, полученной в процессе принятия частных статистических показателей для анализа состояния безопасности КИ, предполагает разработку и проведение научно-обоснованных мероприятий по предупреждению или полной ликвидации наиболее опасных внутренних угроз за счет проведения целевой профилактической работы среди сотрудников, допущенных к работе с КИ и пользователей КИ. Однако статистические показатели обладают существенными недостатками. Они заключаются в следующем [2]:

- такие показатели оценивают безопасность КИ за прошедший период;
- по таким показателям не представляется возможным осуществлять прогнозирование безопасности КИ.

Указанные недостатки возможно парировать за счет принятия для оценки безопасности КИ вероятностных критериев.

Воздействие внутренних угроз на элементы системы ИТКС в общем виде носит случайный характер и может привести к двум исходам [2]:

- благополучный исход в случае, если цель воздействия внутренних угроз на ИТКС не достигнута;
- неблагоприятный исход во всех остальных случаях.

В связи с этим в качестве критерия оценки безопасности КИ можно принять вероятность благополучного исхода при воздействии на ИТКС внутренних угроз [3].

Обозначим указанную вероятность через p . Вероятность противоположного события, т. е. вероятность неблагоприятного исхода при воздействии на ИТКС внутренних угроз, будет равна q . Указанные события составляют полную группу независимых событий.

Тогда:

$$p + q = 1 \quad (4)$$

Нетрудно заметить, что вероятности p и q являются аналитическими критериями оценки безопасности КИ.

Как уже было отмечено, на безопасность КИ оказывают влияние многочисленные факторы [3]. Поэтому для оценки безопасности КИ могут применяться различные подходы. Однако, как показывает анализ [3], для такой оценки необходимо учитывать тот факт, что в результате воздействия на ИТКС внутренних угроз она может перейти из исходного (нормального) состояния в другое, особое, состояние, соответствующее возникновению особой

ситуации. В то же время появление особых ситуаций связано с угрозой безопасности КИ, циркулирующей в ИТКС.

Переход ИТКС из одного состояния в другое является следствием вполне конкретных причин. Однако возникают они, как правило, в произвольный момент времени, поэтому их появление случайно. Каждая особая ситуация может привести как к благополучному, так и неблагоприятному исходу для КИ с учетом успешности (не успешности) действий сотрудников по парированию последствий появления особых ситуаций.

Обозначим вероятность возникновения i -й особой ситуации через q_i , условную вероятность парирования ее последствий через r_i , а вероятность непарирования — через $\bar{r}_i$.

Тогда для определения вероятностей p_i и q_i , представим последовательность переходов ИТКС от одного (исходного) состояния к другому марковским случайным процессом со счетным множеством состояний и непрерывным временем.

Такое представление обусловлено следующими допущениями:

- в исходном состоянии ИТКС находится в нормальном состоянии;
- последовательность возникновения особых ситуаций i -го вида является простейшим потоком с интенсивностью λ_i ;
- интенсивность благополучного исхода обозначена через $\lambda_i r_i$, а неблагоприятного - $\lambda_i \bar{r}_i$.

Сущность метода расчета вероятностей p_i и q_i при использовании марковского процесса состоит в том, что неизвестные вероятности определяются из решения дифференциальных уравнений, которые описывают этот процесс. Анализ показывает, что такой процесс целесообразно представить в виде логико-вероятностного процесса [3].

Предположим, что возможные состояния ИТКС в процессе воздействия на нее угроз определены. Кроме того, известны направления ее случайных переходов из состояния в состояние.

Тогда вполне возможно построить логическую схему (граф) состояния, которая при известных вероятностях перехода системы из состояния в состояние представляет собой логико-вероятностную модель ИТКС (рисунок 1, по аналогии с [3]).

На рисунке 1 представлена логическая схема воздействия на ИТКС одной i -й угрозы.

Правомочность такого представления ИТКС основана на том, что возможные исходы от воздействия на ИТКС являются случайными событиями в силу случайности появления тех или иных внутренних угроз.

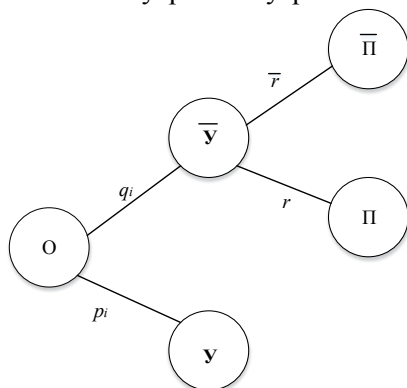


Рисунок 1. Логико-вероятностный процесс воздействия на ИТКС i -й внутренней угрозы

В соответствии с рисунком 1 следует, что в процессе функционирования ИТКС существует некоторая опасность, связанная с воздействием на нее i -й угрозы. При таком воздействии ИТКС может находиться в следующих состояниях (рисунок 1):

- «О» - начальное состояние ИТКС;
- «Y» - состояние, когда i -я внутренняя угроза не проявляется с вероятностью p_i

- «Y» - состояние, когда i -я внутренняя угроза проявилась с вероятностью:

$$q_i = 1 - p_i \quad (5)$$

- «П» — состояние парирования внутренней угрозы с вероятностью r ;

- «P-bar» — состояние не парирования последствий проявления внутренней угрозы с вероятностью $\bar{r} = 1 - r$.

Конечные состояния «Y» и «P» соответствуют благополучному исходу при воздействии на ИТКС i -й угрозы.

Состояние «P-bar» соответствует неблагоприятному исходу при воздействии на ИТКС i -й внутренней угрозы. Тогда, в соответствии с рисунком 1, вероятность благополучного исхода от воздействия на ИТКС i -й угрозы определяется следующим образом:

$$P_{\bar{u}_i} = p_i + q_i * r_i \quad (6)$$

а вероятность неблагоприятного исхода:

$$Q_{\bar{u}_i} = q_i * \bar{r}_i \quad (7)$$

Так как вероятности $P_{\bar{u}_i}$ и $Q_{\bar{u}_i}$ составляют полную группу событий, то:

$$P_{\bar{u}_i} + Q_{\bar{u}_i} = 1 \quad (8)$$

Из (8) следует, что:

$$P_{\bar{u}_i} = 1 - Q_{\bar{u}_i} \quad (9)$$

$$Q_{\bar{u}_i} = 1 - P_{\bar{u}_i}$$

Таким образом, с точки зрения последствий воздействия на ИТКС внутренней угрозы на основе анализа выражений (8) можно сделать нижеследующие выводы.

1. Количественной мерой, характеризующей последствия от воздействия i -й внутренней угрозы на ИТКС, являются вероятность благополучного исхода $P_{\bar{u}_i}$ и вероятность противоположного события, т. е. вероятность неблагоприятного исхода в результате воздействия i -й внутренней угрозы на ИТКС, т. е. $Q_{\bar{u}_i}$.

2. Анализ выражения (8) свидетельствует о том, что вероятности $P_{\bar{u}_i}$ и $Q_{\bar{u}_i}$ являются критериями количественной оценки последствий от воздействия на ИТКС i -й внутренней угрозы.

3. Анализ выражения (8) также показывает, что для количественной оценки последствий воздействия внутренних угроз на ИТКС достаточно определить любую составляющую, например $Q_{\bar{u}_i}$. Определение другой составляющей из выражения (8) не представляет сложностей.

Таким образом, в статье приведенная структура показателей и критериев свидетельствует о том, что наиболее перспективными являются аналитические критерии. Однако их применение для оценки уровня безопасности ИТКС затруднительно из-за отсутствия соответствующих математических моделей.

Сложность проблемы заключается в том, что традиционные существующие математические модели не всегда приемлемы для указанных целей. Следовательно, необходима разработка математических моделей, предназначенных для оценки безопасности ИТКС с учетом воздействия на ИТКС угроз.

ЛИТЕРАТУРА

1 Минаев В.А., Скрыль С.В. Основы информационной безопасности: учебник для высших учебных заведений МВД России. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2001. 464 с.

2 Белокуров С.В., Скрыль С.В., Джоган В.К. и др. Методы и средства анализа эффективности систем информационной безопасности при их разработке: монография. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2012. 83 с.

3 Белокуров С.В., Скрыль С.В., Джоган В.К. и др. Модели и алгоритмы автоматизированного контроля эффективности систем защиты информации в автоматизированных системах: монография. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2012. 116 с.

REFERENCES

1 Minaev V.A., Skryl' S.V. Osnovy informatsionnoi bezopasnosti [Foundations: the textbook for higher educational institutions Ministry of Interior of Russia]. Voronezh, Voronezh Institute of the Ministry of Interior, 2001. 464 p. (In Russ.).

2 Belokurov S.V., Skryl' S.V., Joghan V.K. et al. Metody i sredstva analiza effektivnosti system informatsionnoi beopasnosti pri ikh razrabotke [Methods and tools for analyzing the effectiveness of information security in their development: a monograph]. Voronezh Voronezh Institute of Russian Ministry of Internal Affairs, 2012. 83 p. (In Russ.).

3 Belokurov S.V., Skryl' S.V., Joghan V.K. et al. Model ii algoritmy avtomatizirovannogo kntrolya effektivnosti system zashchity informatsii [The models and algorithms for the automated control of the effectiveness of information security systems in automated systems: monograph]. Voronezh, Voronezh Institute of the Russian Interior Ministry, 2012. 116 p. (In Russ.).

УДК 597.554

Профессор Л.В. Антипова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.

тел. (473) 255-37-51

E-mail: meatech@yandex.ru

профессор О.П. Дворянинова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления качеством и машиностроительные технологии. тел. (473) 253-26-30

E-mail: olga-dvor@yandex.ru

аспирант А.З. Черкесов

(Северо-Осетинский гос. ун-т имени К. Л. Хетагурова) кафедра экспертизы товаров. тел. (8672) 53-91-12

E-mail: nosu@nosu.ru

Professor L.V. Antipova

(Voronezh state university of engineering technologies)

Department of technology of products of an animal origin.

phone (473) 255-37-51

E-mail: meatech@yandex.ru

professor O.P. Dvoryaninova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of quality management and machine-building technologies.

phone (473) 253-26-30

E-mail: olga-dvor@yandex.ru

graduate A.Z. Cherkesov

(North Ossetian state university of K.L. Khetagurov) Department of examination of goods. тел. (8672) 53-91-12

E-mail: nosu@nosu.ru

Биохимический механизм автолитических процессов мышечной ткани рыб

Biochemical mechanism of autolytic processes of muscular tissue of fishes

Реферат. Проведенные исследования позволили установить, что интенсивный распад мышечного гликогена приводит к резкому снижению величины pH мышечной ткани в кислую сторону, что в свою очередь сказывается на химическом составе и физико-коллоидной структуре белков, в результате чего: увеличивается устойчивость мяса рыбы к действию гнилостных микроорганизмов; снижается растворимость мышечных белков, уровень их гидратации, водосвязывающей способности; происходит набухание коллагена соединительной ткани; повышается активность катепсинов (оптимум pH 5,3), вызывающих гидролиз белков на более поздних стадиях автолиза; разрушается бикарбонатная система мышечной ткани с выделением углекислого газа; формируются предшественники вкуса и аромата мяса; активизируется процесс окисления липидов. В результате накопления молочной, фосфорной и других кислот в мясе рыбы увеличивается концентрация водородных ионов, результатом чего является снижение pH. Резко проявляющаяся кислая среда и наличие неорганического фосфора считается причиной распада актомиозинового комплекса на актин и миозин, который начинается после 8 часов хранения, т.е. наступает период расслабления мышечных волокон и период разрешения ооченения, а затем последняя стадия созревания мяса – глубокий автолиз. Таким образом, на основе классических представлений о биохимических изменениях мяса наземных животных и суммируя полученные данные по посмертным изменениям в мышечной ткани рыб, можно сделать вывод, что они имеют аналогичный характер закономерности по сравнению с мышечной тканью наземных животных, но главным их отличием является более высокая скорость протекания автолитических превращений. Это в свою очередь приводит к более быстрому изменению ФТС мяса рыб, которые являются определяющими показателями при разработке ассортиментных групп продуктов с учетом стадий автолиза в мясе.

Summary. The conducted researches allowed to establish that intensive disintegration of a muscular glycogen leads to sharp decrease in size pH muscular tissue in the sour party that in turn affects a chemical composition and physic-colloidal structure of proteins therefore: resistance of meat of fish to action of putrefactive microorganisms increases; solubility of muscle proteins, level of their hydration which is water connecting abilities decreases; there is a swelling of collagen of connecting fabric; activity of the cathepsin (an optimum pH 5,3) causing hydrolysis of proteins at later stages of an autolysis increases; the bicarbonate system of muscular tissue with release of carbon dioxide collapses; predecessors of taste and aroma of meat are formed; process of oxidation of lipids becomes more active. As a result of accumulation dairy, phosphoric and other acids in meat of fish concentration of hydrogen ions of that decrease pH is result increases. Sharply shown sour environment and availability of inorganic phosphorus is considered the reason of disintegration of an actin-myosin complex on actin and a myosin which begins after 8 hours of storage, i.e. there comes the period of relaxation of muscle fibers and the period of permission of an numbness, and then the last stage of maturing of meat – deep autolysis. Thus, on the basis of classical ideas of biochemical changes of meat of land animals and summarizing the obtained data on posthumous changes in muscular tissue of fishes, it is possible to draw a conclusion that they have similar nature of regularity in comparison with muscular tissue of land animals, but their main difference is higher speed of course of autolytic transformations. It in turn leads to faster change of FTS of meat of fishes who are the defining indicators when developing assortment groups of products taking into account stages of an autolysis in meat.

Ключевые слова: мышечная ткань, актомиозиновый комплекс, автолиз, созревание, прудовые рыбы, гликоген, актин, миозин.

Keywords: muscular tissue, actin-myosin complex, autolysis, maturing, pond fishes, glycogen, actin, myosin.

В основе посмертного окоченения мышечной ткани прудовых рыб лежат сложные физико-химические процессы, протекающие главным образом в мышечном волокне. Главную роль в мышечном сокращении играют миофибриллы, которые из веществ, входящих в состав саркоплазмы, используют необходимую энергию для выполнения своих функций. Источником энергии в данном случае служат только биохимические процессы ферментативного распада (гидролиз, фосфоролиз) некоторых веществ, в частности, нуклеозидфосфатов гликогена, находящихся главным образом в саркоплазме.

В мышечной ткани рыбы основная часть энергии, необходимой для сокращения мышц, выделяется в результате расщепления АТФ. По внешнему проявлению и химизму процессов посмертное окоченение практически идентично двигательному сокращению живой мышцы. Молекулярный механизм сокращения мышц основан на взаимодействии миозиновых и актиновых филаментов.

Наступление посмертного окоченения связано с тем, что в мышцах живой и совершенно свежей уснувшей рыбы отмечается достаточно высокое содержание АТФ, которая удерживает актин и миозин в диссоциированном состоянии. При работе живого организма, так же как и после его смерти, происходит распад находящихся в мышцах АТФ с образованием АДФ и фосфорной кислоты. Это происходит под влиянием АТФазной активности миозина. Однако в живом организме полного распада АТФ не происходит и образующийся АДФ снова восстанавливается до АТФ.

В мертвом организме, в отличие от живого, процесс идет преимущественно в направлении автолитического распада энергетических веществ и по мере расходования АТФ, креатин фосфата, гликогена происходит ассоциация

актина и миозина с образованием вязкого актомиозина, придающего мышце жесткость (окоченение) (Антипова, Жеребцов, 1991).

В основе автолитических превращений мяса рыбы лежат изменения углеводной системы, системы ресинтеза АТФ и состояния миофибриллярных белков, входящих в систему сокращения.

Следует отметить, что пусковым механизмом посмертного окоченения является распад мышечного гликогена, который катализируют 11 ферментов, при этом распад идет по пути фосфоролиза и дальнейшего анаэробного окисления до образования пировиноградной и молочной кислот, поскольку аэробный путь превращения затухает, вследствие прекращения доступа кислорода в клетки. Затем начинается самораспад тканей под действием гидролитических ферментов. Наступает автолиз.

Уменьшение количества АТФ в мышцах сопровождается активизацией функциональных групп актина и миозина, в результате чего происходит перемещение нитей актина по поверхности миозина с образованием нерастворимого АКМ, придающего мышце жесткость, т.е. окоченение (рисунок 1).

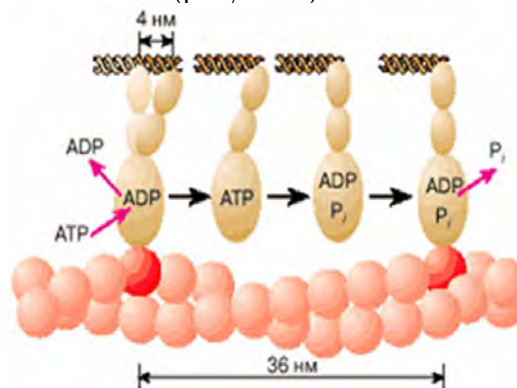


Рисунок 1. Схема перемещения нитей актина по поверхности миозина с образованием нерастворимого актомиозинового комплекса (по данным Тихонова А.Н., 2003)

Целью работы являлось исследование закономерности изменения биохимических и физико-химических превращений при хранении и переработке прудовых рыб.

Для определения глюкозы, АТФ применялись оригинальные методы [2], при этом определение гликогена и актомиозинового комплекса проводили методом ВЭЖХ [3], определение ПВК согласно колориметрическому методу по Умбрайту [2, 3].

Проведенные исследования позволили установить, что интенсивный распад мышечного гликогена (рисунок 2) приводит к резкому снижению величины рН мышечной ткани в кислую сторону, что в свою очередь сказывается на химическом составе и физико-коллоидной структуре белков в результате чего:

- увеличивается устойчивость мяса рыбы к действию гнилостных микроорганизмов;
- снижается растворимость мышечных белков, уровень их гидратации, водосвязывающей способности;
- происходит набухание коллагена соединительной ткани;
- повышается активность катепсинов (оптимум рН 5,3), вызывающих гидролиз белков на более поздних стадиях автолиза;
- разрушается бикарбонатная система мышечной ткани с выделением углекислого газа;
- формируются предшественники вкуса и аромата мяса;
- активизируется процесс окисления липидов [1, 4, 5].

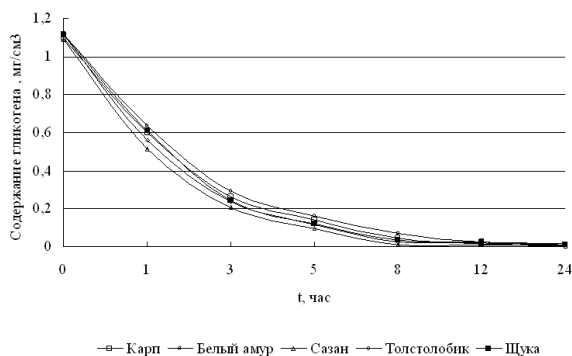


Рисунок 2. Динамика содержания гликогена мышечной ткани прудовых рыб в процессе хранения

Молекулярная основа процесса такова: поперечные связи между филаментами актина и миозина сохраняются и не могут разорваться из-за отсутствия АТФ. Активный транспорт Ca^{2+} в саркоплазматический ретикулум оказывается невозможным, так же как и переход миозина в активированное состояние

(конформация миозин – АДФ • Фн). По этой причине продукты гидролиза АТФ (АДФ и Фн) удаляются не вследствие образования комплекса актин – миозин – АДФ • Фн, а диффузией. При этом не совершаются соответствующие конформационные переходы в рабочих элементах клетки, а, следовательно, взаимодействие актин-миозин остается. Актимиозиновый комплекс можно разрушить, приложив внешнюю силу, но восстановить потом нельзя.

В первый период интенсивность гидролиза сравнительно невелика, а в дальнейшем гидролитический распад гликогена резко повышается. Это объясняется присутствием в мышечных волокнах двух ферментативных механизмов гидролитического расщепления гликогена: амилаза и нейтральные олигоглюкозидазы, содержащиеся в матриксе саркоплазме; γ -амилаза и кислые олигоглюкозидазы, содержащиеся в лизосомах, высвобождение из которых и обуславливает рост гидролитического распада. При этом минимальное содержание гликогена наблюдается к 24 часам хранения.

Это связано с тем, что в мышцах живой рыбы отмечается достаточно высокое содержание АТФ, которая удерживает актин и миозин в диссоциированном состоянии, при этом происходит распад находящейся в мышцах АТФ с образованием АДФ, АМФ и фосфорной кислоты под влиянием АТФазной активности миозина.

В уснувшей же рыбе, в отличие от живой, вследствие прекращения доступа кислорода, регулирования обмена веществ и энергии в тканях, обратимые жизненные процессы становятся не обратимыми, при этом распад клеточных веществ превалирует над синтезом. При этом процесс идет преимущественно в направлении автолитического распада энергетических веществ: АТФ, креатин фосфата и гликогена (рисунок 3).

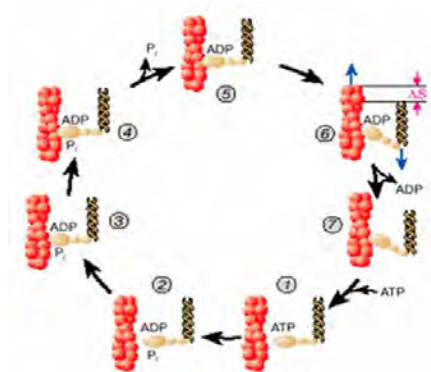


Рисунок 3. Рабочий цикл актомиозинового комплекса (по данным Тихонова А.Н., 2003)

В нашем случае закономерности изменения содержания гликогена имеют общий характер для всех исследуемых видов рыб, что подтверждает классические представления о механизме автолитических превращений [1, 2].

В связи с отсутствием поступления кислорода в организм (рисунок 4) ресинтез гликогена в мясе рыбы после убоя идти не может, и начинается его анаэробный распад, который протекает по пути фосфоролиза и амилолиза с образованием молочной кислоты и глюкозы, а также глюкозо-1-фосфата, глюкозо-6-фосфата и др.

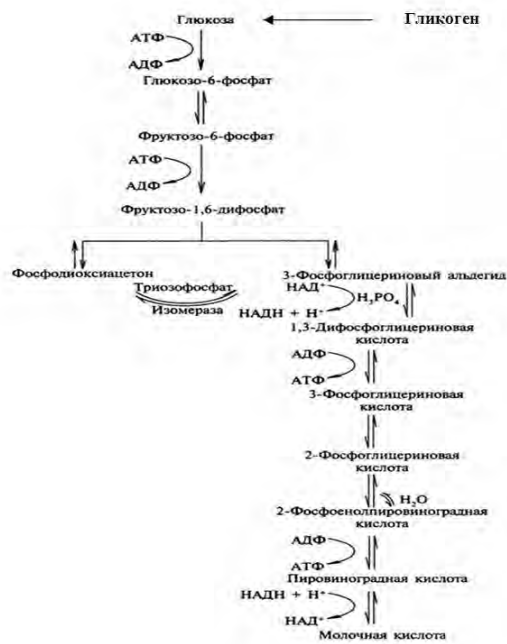


Рисунок 4. Схема распада гликогена по пути гликогенолиза

Совершается незначительный гидролитический распад гликогена за счет различных гликозидаз саркоплазмы.

О протекании биохимических процессов возможно судить по изменению в содержании продуктов распада гликогена, в частности, по образованию глюкозы и пирувата (рисунок 5) [3].

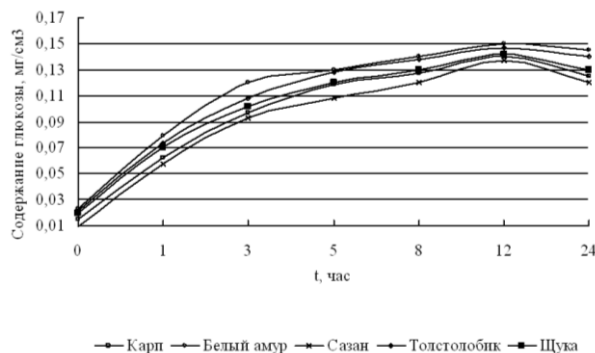


Рисунок 5. Динамика изменения содержания глюкозы в мышечной ткани прудовых рыб в процессе хранения

В дальнейшем глюкоза вовлекается в цикл трикарбоновых кислот, с образованием кислот, способствующих снижению pH среды в мышечной ткани, что является этапом начала действия тканевых ферментов - катепсинов [4].

На рисунке 5 видно, что содержание глюкозы для всех видов исследуемых рыб увеличивается в процессе хранения. Менее заметное увеличение глюкозы происходит в первые часы хранения (от 0 до 5 часов), о чем свидетельствует активный распад гликогена по пути гликогенолиза.

Пиком накопления глюкозы является 12 часов хранения для всех видов рыб и составляет: 0,14 мг/см³ для карпа, 0,137 мг/см³ для сазана, 0,142 мг/см³ для щуки, 0,147 мг/см³ для толстолобика, 0,15 мг/см³ для белого амура.

Результаты исследований (рисунок 6) показывают, что рост содержания пирувата характерен для всех исследуемых рыб. По сравнению с рыбой, не подвергавшейся хранению, за 24 часа содержание ПВК увеличивается в мясе карпа от 182,3 до 312,4 мг/100 г, для толстолобика — от 194,5 до 320,0 мг/100 г, для белого амура от 201,3 до 332,4 мг/100 г, для сазана от 171,9 до 310,5 мг/100 г и для щуки от 187,1 до 314,8 мг/100 г. Изменения количества пировиноградной кислоты и глюкозы у всех исследуемых рыб носят аналогичный характер. Однако у толстолобика и белого амура выше, чем у щуки, карпа и сазана, что свидетельствует о более активных автолитических превращениях в мясе этих видов рыб [4, 5].

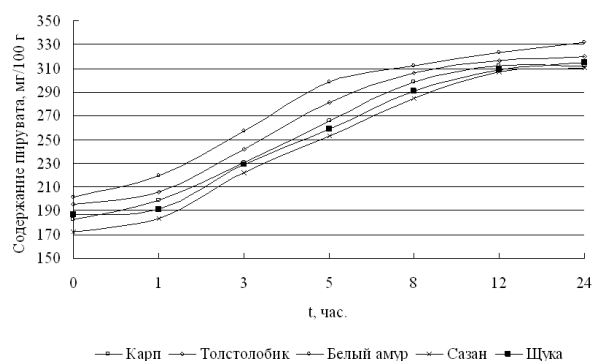


Рисунок 6. Динамика изменения содержания ПВК в процессе хранения прудовых рыб

На начальной стадии автолиза важное значение имеет уровень содержания в мясе рыбы энергоёмкой АТФ, из-за распада которой происходит ферментативный процесс расщепления гликозидных связей (рисунок 7).

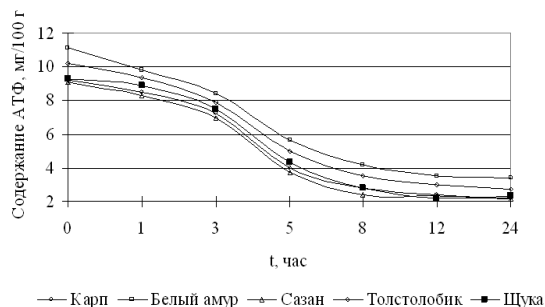


Рисунок 7. Изменение содержания АТФ в мясе прудовых рыб в процессе хранения

Одновременно процесс распада аденазинтрифосфата обеспечивает сокращение миофибриллярных белков. Динамика изменения содержания АТФ для мяса рыбы в послеубойный период характерно непрерывное снижение концентрации АТФ, вследствие уменьшения запасов которого не хватает энергии для восстановления состояния релаксации сократившихся волокон (Антипова, Алехина, 2011).

При этом распад АТФ до АДФ, АМФ приводит к повышению кислотности среды в мясе рыб, что предопределяет ФТС мяса рыбы. При этом в образовавшейся кислой среде происходит частичное накопление неорганического фосфора. Кислая среда и наличие неорганического фосфора считается причиной диссоциации актомиозинового комплекса на актин и миозин. Распад этого комплекса снимает явления окоченения и жесткости мяса. Следовательно, фазу окоченения от других фаз обособить нельзя и ее необходимо считать одним из этапов процесса созревания мяса рыбы.

Характер кривых на рисунке 7 говорит о том, что распад АТФ в мясе рыбы происходит в первые часы хранения. Минимальное его содержание приходится на 24 часа: для щуки - 2,314, карпа - 2,2, белого амура - 3,416, толстолобика - 2,713, сазана - 2,103 мг/100 г [3, 4].

Исследования закономерностей изменения содержания актомиозинового комплекса (рисунок 8) в мышцах всех исследуемых видов рыб в процессе хранения имеют аналогичный характер.

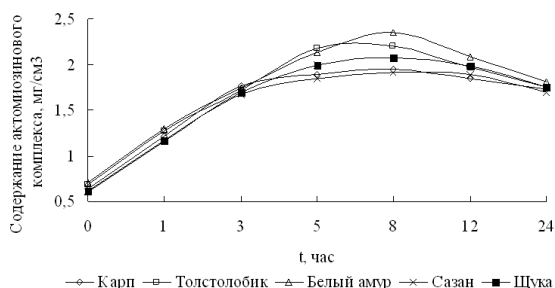


Рисунок 8. Динамика изменения содержания актомиозинового комплекса в мясе прудовых рыб в процессе хранения

Затверждение мышечной ткани наблюдается в первые часы хранения и обусловлено образованием из белков актина и миозина нерастворимого актомиозинового комплекса. Наивысший уровень содержания актомиозина отмечался в первые 3-5 часов, что свидетельствует о разной скорости протекающих биохимических процессов, и связано с уровнем активности ферментных систем. Максимум накопления актомиозинового комплекса приходится на 8 ч хранения для всех исследуемых видов рыб [2, 3].

Кислая среда усиливает мышечное окоченение вследствие не поступления в мышечную ткань рыбы кислорода, торможения окислительных процессов, накопления избытка молочной и фосфорной кислот. Реакция среды при этом снижается с 7,26 до 6,02. Также при накоплении молочной кислоты происходит коагуляция белка. При этом АМК теряет свою растворимость, белки стабилизируются, а кальций выпадает из коллоидов белка и переходит в мясной сок рыбы. Полное окоченение рыбы наступает к 8 часам хранения. Далее по мере увеличения концентрации молочной кислоты и коагуляции белков происходит распад АМК. Свернувшиеся белки теряют свои коллоидные свойства, становятся неспособными удерживать воду и в известной степени лишаются своей дисперсной среды (воды).

В результате накопления молочной, фосфорной и других кислот в мясе рыбы увеличивается концентрация водородных ионов, результатом чего является снижение pH. Резко проявляющаяся кислая среда и наличие неорганического фосфора считается причиной распада актомиозинового комплекса на актин и миозин [4], который начинается после 8 часов хранения, т.е. наступает период расслабления мышечных волокон и период разрешения окоченения, а затем последняя стадия созревания мяса – глубокий автолиз [3, 4].

Таким образом, на основе классических представлений о биохимических изменениях мяса наземных животных и суммируя полученные данные по посмертным изменениям в мышечной ткани рыб, можно сделать вывод, что они имеют аналогичный характер закономерности по сравнению с мышечной тканью наземных животных, но главным их отличием является более высокая скорость протекания автолитических превращений. Это в свою очередь приводит к более быстрому изменению ФТС мяса рыб, которые являются определяющими показателями при разработке ассортиментных групп продуктов с учетом стадий автолиза в мясе.

ЛИТЕРАТУРА

1 Буй С.Д., Мукатова М.Д. Способ выделения ферментного препарата из внутренностей прудовых видов рыб // Современные достижения биотехнологии: сб. материалов международного. науч.-практ. конф; СевКавГТУ. Ставрополь, 2011. С. 440-443.

2 Антипова Л.В., Алехина А.В. Автолитические превращения в мясе прудовых рыб // 3-я конференция молодых ученых и специалистов институтов отделения «Хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» Россельхозакадемии «Обеспечение качества и безопасности продукции агропромышленного комплекса в современных социально-экономических условиях». М., 2009. С. 47-51.

3 Дворянинова О.П., Алехина А.В., Сторублевцев С.А. Получение и исследование свойств ферментного комплекса мяса пресноводного карпа // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2010. №4. С. 13-15.

4 Mills D. J. Underreported and undervalued: Small-scale fisheries in the developing world scale fisheries management: frameworks and approaches for the developing world. 2011. P. 1–15.

5 Mora C. Management effectiveness of the world's marine fisheries // PLoS Biology. 2009. № 7(6). P. 12-19.

REFERENCES

1 Bui S.D., Mukatova M.D. Method of allocation of a fermented preparation from interiors of pond species of fish. Sovremennye dostizheniya biotekhnologii [Modern achievements of biotechnology: Collect. of materials of the international scientific and practical conference North Kavkaz state technical university, Stavropol]. 2011, p. 440-443. (In Russ.).

2 Antipova L.V., Alekhina A.V. Autolytic transformations in meat of pond fishes. 3-ya konferentsiya molodykh uchenykh [3rd conference of young scientists and specialists of institutes of office "Storages and processings of agricultural production" Russian Agricultural Academy "Ensuring quality and safety of production of agro-industrial complex in modern social and economic conditions"]. 2009, pp. 47-51. (In Russ.).

3 Dvoryaninova O.P., Alekhina A.V., Storablevtsev S.A. Receiving and research of properties of a fermental complex of meat fresh-water carp. Izvestiya vuzov. [News of the highest educational institutions. Food technology], 2010, no. 4, pp. 13-15. (In Russ.).

4 Mills D. J. Underreported and undervalued: Small-scale fisheries in the developing world scale fisheries management: frameworks and approaches for the developing world. 2011, pp. 1–15.

5 Mora C. Management effectiveness of the world's marine fisheries. PLoS Biology, 2009, no. 7(6), pp. 12-19. (In Russ.).

УДК 637

Профессор Л.В. Голубева, доцент О.И. Долматова,
студент В.Ф. Бандура

(Воронеж гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.
тел. (473) 255-27-65
E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Professor L.V. Golubeva, associate Professor O.I. Dolmatova,
student V.F. Bandura

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of animal origin products
technology. phone (473)255-27-65
E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Творожные продукты функционального назначения

Cottage cheese products functionality

Реферат. Творожным продуктам принадлежит значительное место среди молочных и молочносодержащих продуктов. Ассортимент творожных продуктов включает: сырки, пасты, кремы, торты и т.д. Такое разнообразие можно объяснить их популярностью среди населения и пользой, приносимой организму от регулярного употребления. Творожный белок намного лучше и легче переваривается организмом, чем белок рыбный, мясной или молочный. Богаты творожные продукты лизином и метионином. Минеральные вещества, содержащиеся в творожных продуктах, оказывают положительное воздействие на костеобразование и строение тканей. В состав творожного продукта, помимо творога и молочных компонентов, могут входить ингредиенты немолочного происхождения. Сегодня для производства творожных продуктов используются самые передовые технологии, позволяющие дополнительно обогатить его состав и значительно повысить пищевую ценность. Кедровый орех широко используется при производстве многих молочных продуктов. Но, в большинстве случаев производства молочных продуктов в качестве наполнителя применяют жмых кедрового ореха, что лишает готовый продукт ценнейшего кедрового масла. Авторами предложена технология получения творожного продукта с добавлением кедровых орехов и меда (кедровых орехов и фруктозы). Совместимость вносимых наполнителей с творогом определяли сенсорно по органолептическим показателям по пятибалльной шкале. Определены оптимальные дозировки компонентов: кедровых орехов - 5 %, меда - 10 %, фруктозы - 7 %. Технологический процесс получения творожного продукта отличается от традиционного, операциями подготовки компонентов и их внесением в готовый творог. Определены показатели качества нового продукта. Производство творожного продукта позволяет расширить ассортимент молочной продукции функциональной направленности.

Summary. Cottage cheese products holds a significant place among the dairy and milk-containing products. The range of products includes cheese: cheese, pastes, creams, cakes, etc. Such diversity can be attributed to their popularity among the population and benefit brought by the body from regular use. Curd protein is much better and easier to digest by the body than protein fish, meat or milk. Rich curd products lysine and methionine. Minerals contained in cheese products have a positive effect on bone formation and structure of tissues. The composition of curd products, in addition to cheese and dairy ingredients may include non-dairy ingredients origin. Today, for the production of cheese products use the most advanced technologies to further enrich its structure and significantly improve the nutritional value. Pine nut is widely used in the manufacture of many dairy products. But, in most cases, the production of dairy products as a filler used pine nut cake, which deprives the finished product valuable cedar oil. The authors proposed a technology for producing curd product with the addition of pine nuts and honey (pine nuts and fructose). Compatible with cream cheese filling insertion determined sensory organoleptic point scale. The optimum dosage of components: pine nuts - 5 %, honey - 10 % fructose - 7 %. Technological process of cottage cheese product is different from the traditional operations training components and their introduction into the finished cheese. Identify indicators of quality of the new product. Production of curd products thus expanding the range of dairy products functional orientation.

Ключевые слова: творожный продукт, кедровый орех, функциональные свойства.

Keywords: curd product, pine nuts, functional properties.

Творожным продуктам принадлежит значительное место среди молочных и молочносодержащих продуктов [1]. Ассортимент творожных продуктов включает: сырки, пасты, кремы, торты и т.д. Такое разнообразие можно объяснить их популярностью среди населения и пользой, приносимой организму от регулярного употребления.

Творожный белок намного лучше и легче переваривается организмом, чем белок рыбный, мясной или просто молочный. Богаты творожные продукты лизином и метионином. Минеральные вещества, содержащиеся в них, оказывают положительное воздействие на костеобразование и строение тканей [2].

В состав творожного продукта, помимо творога и молочных компонентов, могут входить ингредиенты немолочного происхождения. Сегодня для производства творожных продуктов используются самые передовые технологии, позволяющие дополнительно обогатить его состав и значительно повысить пищевую ценность. Одним из таких компонентов являются орехи.

Кедровый орех широко используется при производстве многих молочных продуктов. Так, например известен творожный продукт с добавлением сахара-песка, сывороточных белков, кедрового жмыха, сиропа лактулозы (патент РФ № 2420085); сметанный продукт с кедровым жмыхом, сиропом лактулозы и льняным маслом (патент РФ № 2414136); концентрированный молочный продукт, содержащий ядра и/или жмых ореха кедрового (патент РФ № 2278523). Но, в большинстве случаев производства молочных продуктов в качестве наполнителя применяют жмых кедрового ореха, что лишает готовый продукт ценнейшего кедрового масла.

Авторами предложена технология получения творожного продукта с добавлением кедровых орехов и меда (кедровых орехов и фруктозы). Исключение из состава продукта сахара-песка позволяет рекомендовать его для питания людей, страдающих сахарным диабетом [3].

Состав кедровых орехов уникален: масло составляет 63,9 % от ядра, легкоусвояемые белки - 17,2 % (таблица 1). Большинство этих аминокислот являются незаменимыми или условно незаменимыми. А лизин, метионин и триптофан, содержание которых в белке кедрового ядра повышено, являются наиболее дефицитными аминокислотами, по которым и определяется биологическая ценность белка.

Кедровые орехи содержат витамины группы В, С, Е, РР, К и др. и макро- и микроэлементы (таблицы 2 - 4).

Витаминный состав кедрового ореха включает большую массовую долю витамина Е (9,33 мг/100 г продукта), который, являясь природным антиоксидантом, способствует повышению хранимоспособности продукта и его качества [4, 5].

Углеводы в составе ядра кедра следующие: глюкоза, фруктоза, сахароза, крахмал, клетчатка и пектин (таблица 5).

Таблица 1

Белковый состав кедровых орехов

Название	Масс. доля, г/ 100 г продукта	% от дневной нормы
Суммарное содержание белков	13,69	17,1
Незаменимые аминокислоты	4,36	20,0
Валин	0,690	27,6
Гистидин	0,340	16,2
Изолейцин	0,540	27,0
Лейцин	0,990	21,5
Лизин	0,540	13,2
Метионин	0,260	14,4
Треонин	0,370	15,4
Триптофан	0,110	11,0
Фенилаланин	0,520	17,3
Заменимые аминокислоты	10,32	18,1
Аланин	0,680	10,3
Аргинин	2,410	39,5
Аспарагиновая кислота	1,300	10,7
Глицин	0,690	19,7
Глутаминовая кислота	2,930	21,5
Пролин	0,670	14,9
Серин	0,840	10,1
Тирозин	0,510	17,0
Цистин	0,290	16,1

Являясь естественным пищевым продуктом, кедровый орех не имеет противопоказаний к употреблению как в пищевых, так и в лечебно-профилактических целях.

По мнению врачей, творог и кедровые орехи – идеальное сочетание, так как творог содержит много кальция, который укрепляет кости. Но кальций не может полностью усвоиться в организме без другого элемента – марганца. Именно в кедровых орехах содержится большое количество марганца.

Совместимость вносимых компонентов с творогом определяли сенсорно по органолептическим показателям по 5-бальной шкале (таблица 6, рисунки 1, 2, 3).

Таблица 2

Витаминный состав кедровых орехов

Название	Масс. доля, мг/100 г продукта	% от дневной нормы
1	2	3
Витамин В ₁	0,535	22,2
Витамин В ₂	0,249	11,3
Витамин В ₃	0,359	6,5
Витамин В ₆	0,134	4,8
Витамин В ₉	36,0	8,4

Продолжение табл. 2

1	2	3
Витамин С	0,8	1,1
Витамин Е	9,33	62,2
Гамма-токоферол	11,15	74,3
Витамин РР	5,84	24,6
Витамин К	0,0539	44,9
Биотин	0,010	20,0
Бета-каротин	0,017	0,3
Лютеин + зеаксантин	0,009	0,2
Холин	55,8	11,2
Бетаин	0,4	0,04
триметилглицин		

Таблица 3

Состав макроэлементов кедрового ореха

Название	Массовая доля, мг на 100 г продукта	% от дневной нормы
Калий	696,0	24,3
Кальций	23,0	1,6
Кремний	50,0	166,7
Магний	263,0	63,8
Натрий	2,0	0,2
Сера	150,0	15,0
Фосфор	630,0	72,5
Хлор	41,0	1,8

Таблица 4

Состав микроэлементов кедрового ореха

Название	Массовая доля, мкг на 100 г продукта	% от дневной нормы
Алюминий	1500,0	4,0
Бор	150,0	214,3
Ванадий	93,0	232,5
Железо	6,00	36,2
Йод	25,0	8,3
Кобальт	21,1	211,0
Литий	0,6	0,6
Марганец	10300,0	447,3
Медь	1430,0	134,5
Молибден	25,0	35,7
Мышьяк	0,63	5,3
Никель	7,3	4,0
Олово	35,0	1,8
Рубидий	44,0	44,0
Свинец	0,01	0,1
Селен	13,0	10,4
Серебро	7,1	70,7
Стронций	17,0	2,1
Таллий	0,05	2,5
Титан	45,0	5,3
Фтор	50,0	1,3
Хром	17,7	35,4
Цинк	6770,0	52,6
Цирконий	51,4	102,8

Таблица 5

Углеводный состав кедровых орехов

Название	Массовая доля, г на 100 г продукта	% от дневной нормы
Суммарное содержание углеводов	13,08	3,7
Моно- и дисахариды	3,59	7,2
Глюкоза	0,07	0,7
Фруктоза	0,07	0,2
Сахароза	3,45	—
Крахмал	1,43	—
Клетчатка	3,7	14,8
Пектин	0,15	3,0

Технологический процесс получения творожного продукта отличается от традиционного, операциями подготовки компонентов и их внесением в готовый творог (рисунок 4).

Дробленные ядра кедровых орехов вносили в полученный творог на стадии замеса в количестве от 1 до 10 %. Для придания продукту сладкого вкуса вносили мед или фруктозу. Определены оптимальные дозировки наполнителей: кедровых орехов - 5 %, меда - 10 %, фруктозы - 7 %.

По результатам исследований разработаны рецептуры творожных продуктов.

Таблица 6

Бальная шкала оценки качества творога

Показатель	Оценка, балл	Характеристика показателя
Внешний вид	5	Нежная, однородная масса
	4	Слегка неоднородная масса
	3	Неоднородная
	2	Бесформенная масса
Вкус	5	Чистый кисломолочный, без посторонних привкусов
	4	Хороший кисломолочный, без посторонних
	3	Слабо выраженный
	2	С посторонними привкусами
Запах	5	Ярко выраженный кисломолочный
	4	Приятный, освежающий
	3	Слабовыраженный
	2	С посторонним, не свойственным
Цвет	5	Равномерный
	4	Слегка не равномерный
	3	Не равномерный
	2	С несвойственным цветом

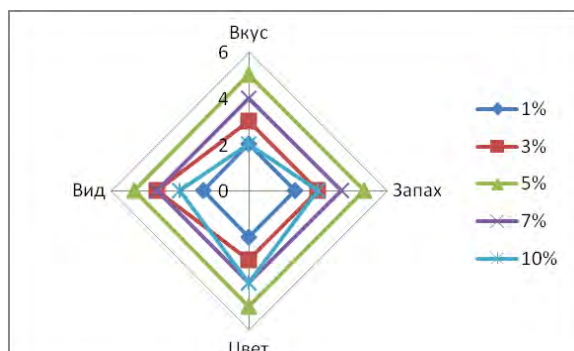


Рисунок 1. Бальная оценка творожного продукта в зависимости от массовой доли кедровых орехов

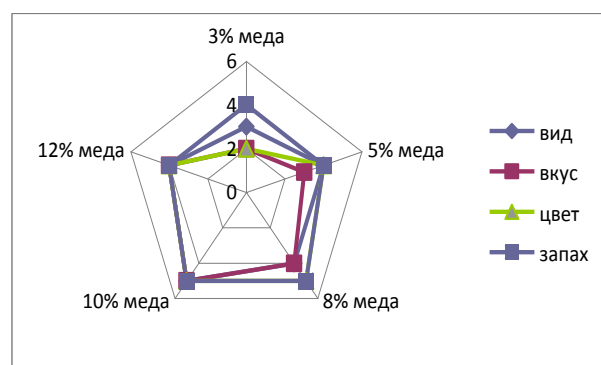


Рисунок 2. Бальная оценка творожного продукта в зависимости от массовой доли меда

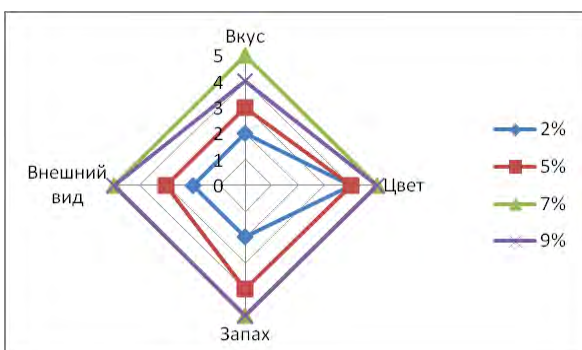


Рисунок 3. Бальная оценка творожного продукта в зависимости от массовой доли фруктозы

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Твердохлеб Г. В., Сажинов Г. Ю., Раманаускас Р.И. Технология молока и молочных продуктов: учеб. пособие. М.: ДеЛи принт, 2006. 616 с.
- 2 Горбатова К. К., Гунькова П. И. Химия и физика молока и молочных продуктов. СПб.: ГИОРД, 2012. 336 с.
- 3 Голубева Л.В., Долматова О.И., Смольский Г.М., Бочарова Е.И. Фруктозо-глюкозный сироп «Одуванчиковый» // Пищевая промышленность. 2010. № 8. С. 28-29.

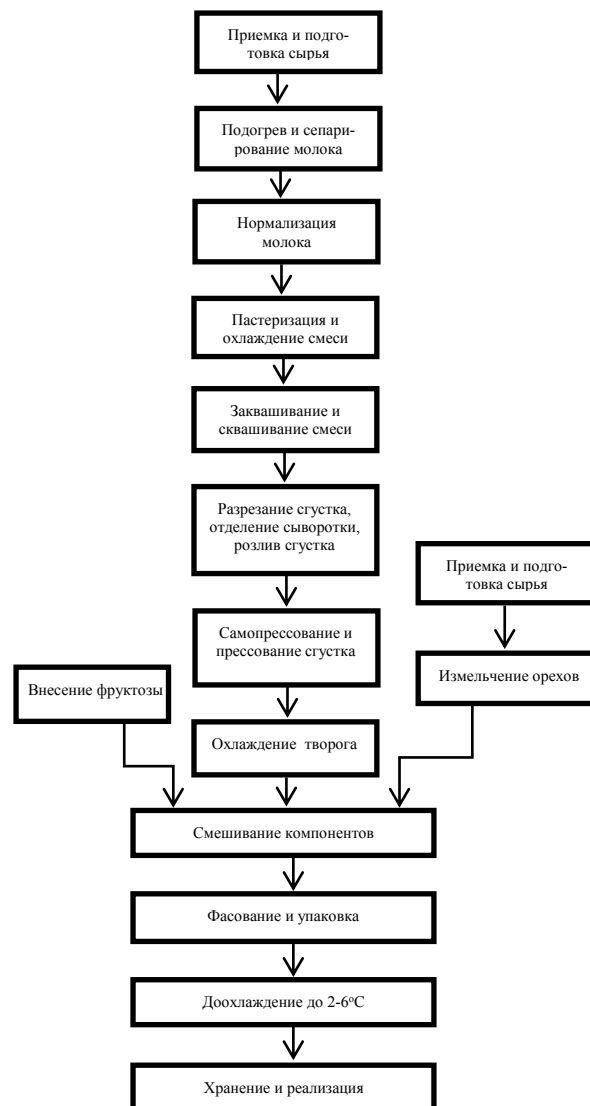


Рисунок 4. Технология получения творожного продукта

Производство творожного продукта позволяет расширить ассортимент молочной продукции функционального назначения.

Творожный продукт характеризовался мягкой мажущейся консистенцией, с наличием ощутимых частиц наполнителя; чистым, приятным, в меру кисло-сладким вкусом с ароматом и привкусом кедровых орехов; кремовым оттенком.

- 4 Dolmatova O. I. Outline keeping of milk product. Materiály X mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2014». - Díl 28. Zemědělství. Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. P. 41-43.

- 5 Khodjaeva U., Bojňanská T., Vietoris V., Sytar O. About food additives as important part of functional food // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. Slovak University of Agriculture. 2013. №2. Issue: Special issue. P. 2227-2237.

6 Верболоз Е.И., Антуфьев В.Т., Кобыда Е.В. Исследование эффективности предварительной подготовки молочных продуктов к переработке. // Вестник Международной академии холода. 2014. № 3. С. 69-72.

REFERENCES

1 Tverdokhlebo G.V., Sazhinov G.Yu., Ramanauskas R.I. Tekhnologiya moloka i molochnykh produktov [Technology of milk and dairy products]. Moscow, DeLee print, 2006. 616 p. (In Russ.).

2 Gorbatoва K.K., Gunkova P.I. Khimiya i fizika moloka i molochnykh produktov [Chemistry and physics of milk and dairy products]. Sent-Petersburg, GIORO, 2012. 336 p. (In Russ.).

3 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Smol'skiyi G.M., Bocharova E.I. New fructose and glucose syrup of «Dandelion». *Pishchevaya*

promyshlennost'. [Food industry], 2010№, no. 8, pp. 28-29. (In Russ.).

4 Dolmatova O. I. Outline keeping of milk product. Materiály X mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2014». - Díl 28. Zemědělství.: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. pp. 41-43.

5 Khodjaeva U., Bojňanská T., Vietoris V., Sytar O. About food additives as important part of functional food. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. Slovak University of Agriculture, 2013, no. 2, issue: Special issue, pp. 2227-2237.

6 Verboloz E.I., Antufiev V.T., Kobyda E.V. Study to efficiency of preliminary preparing the milk products to conversion. Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda. 2014. No 3. p. 69-72

УДК 637

Профессор Л.В. Голубева, доцент О.И. Долматова,
студент Т.А. Найденкина, студент Е.И. Зыгалова

(Воронеж гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.
тел. (473) 255-27-65

E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Professor L.V. Golubeva, associate Professor O.I. Dolmatova,
student T.A. Naidenkina, student E.I. Zygalova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of animal origin products
technology. phone (473)255-27-65

E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Творожные продукты с компонентами растительного происхождения

Cottage cheese products with ingredients of plant origin

Реферат. Предложено использование фейхоа в качестве наполнителя для творожных продуктов. Отличительным признаком фейхоа является высокое содержание в плодах водорастворимых соединений йода. По их содержанию фейхоа может сравниться с морепродуктами, ни одно растение не накапливает такое большое количество соединений йода (около 0,2 – 1 мг в 100 г продукта). Фейхоа очень полезно для людей, проживающих в йододефицитных регионах, а также для профилактики болезней щитовидной железы. Кожура этих плодов богата антиоксидантами. Разработана технология получения творожного продукта с фейхоа. Особенность технологии заключается в том, что в готовый творог вносят наполнитель в виде смеси протертой мякоти плода и сахара в соотношении 1:1 и сухого порошка кожуры. Объекты исследования – наполнитель в виде сиропа (мякоть плода фейхоа и сахар) и кожура плода в размельченном сухом виде, творог. Совместимость наполнителя с творогом определяли сенсорно по следующим показателям – внешний вид, консистенция, цвет, запах, вкус. Дозировку сиропа варьировали от 1 до 10 %, сухого наполнителя – от 0,5 до 3,5 %. Смесь наполнителей вносили в уже готовый творожный продукт в соотношении сироп фейхоа и сухой порошок кожуры 8:1,5. Технологический процесс получения творожного продукта отличается от традиционных операциями подготовки наполнителей и их внесением в готовый творог. Определена антиоксидантная активность сиропа фейхоа 1,963 мг/дм³. Установлено, что творожный продукт богат антиоксидантами, йодом, что способствует выведению свободных радикалов из организма и укреплению здоровья человека. Растительная добавка позволяет получить продукт с новыми вкусовыми характеристиками. Срок годности творожного продукта – 5 дней.

Summary. Proposed the use of feijoa as a filler for cheese products. Distinctive at-sign feijoa is a high content of water-soluble compounds in the fruits of iodine. According to their content feijoa can match with seafood, no plant does not accumulate a large number of iodine compounds (about 0.2 - 1 mg per 100 g of product). Feijoa is very useful for people living in iodine deficiency regions, as well as for preventers of thyroid diseases. The rind of the fruit is rich in antioxidants. The technology of GUT-goat product feijoa. Feature of the technology is that the finished cheese is made in the form of a mixture of filler pureed fruit pulp and sugar in a ratio of 1: 1, and the powder dry skin. Objects of research - a filler in the form of syrup (pineapple guava pulp and sugar) and the rind of the fruit in the form of crushed dry cottage cheese. Compatible with cream cheese filling sensory determined by the following indicators - appearance, consistency, color, smell, taste. Syrup dosage ranged from 1 to 10%, dry filler - from 0.5 to 3.5%. A mixture of fillers were added to the finished curd product in the ratio of syrup fairies feijoa and dry powder peel 8: 1.5. Technological process of cottage cheese product is different from the traditional operations of preparation of fillers and incorporation in the finished cheese. Determined the antioxidant activity syrup feijoa 1,963 mg / dm³. It was found that the cheese product is rich in antioxidants, iodine, which helps to eliminate free radicals from the body and strengthen health care. Herbal additive allows to obtain a product with a new taste characteristics. The shelf life of cottage cheese products - 5 days.

Ключевые слова: творожный продукт, фейхоа, йод, антиоксиданты, технология

Keywords: curd product, feijoa, iodine, antioxidants, technology

В настоящее время существуют разнообразные творожные продукты с растительными наполнителями: шротом бахчевых культур и цветочной пылью (патент РФ № 2370045); зерном пшеницы и курагой (патент РФ № 2245062); пищевой биологически активной добавкой, сахаром, ванилином или изюмом, или фруктово-ягодным порошком (патент РФ № 2125377); облепихой; крупой пшеница и пюре

из ягод или овощей; с цитрусовыми наполнителями [1 - 5].

Авторами предложено использование фейхоа в качестве наполнителя для творожных продуктов.

Среди макроэлементов фейхоа наибольшую массовую долю составляет калий (таблица 1).

© Голубева Л.В., Долматова О.И.,
Найденкина Т.А., Зыгалова Е.И., 2015

Т а б л и ц а 1

Состав макроэлементов фейхоа

Название	Масс. доля, мг/100 г продукта
Кальций	7
Магний	9
Натрий	3
Калий	155
Фосфор	20

Отличительным признаком фейхоа является высокое содержание в плодах водорастворимых соединений йода (таблица 2). По их содержанию фейхоа может сравниться с морепродуктами, ни одно растение не накапливает такое большое количество соединений йода (около 0,2 – 1 мг в 100 г продукта). Фейхоа очень полезно для людей, проживающих в йододефицитных регионах, а также для профилактики болезней щитовидной железы.

Т а б л и ц а 2

Состав микроэлементов фейхоа

Название	Масс. доля, мг/100 г продукта
Железо	0,08
Цинк	0,04
Медь	55
Марганец	0,085
Йод	1,0

В зрелых плодах содержится от 20 до 44 мг/100 г витамина С, массовая доля которого увеличивается по мере созревания плодов (таблица 3).

Кожица этих плодов богата антиоксидантами. Многие неблагоприятные внешние факторы, такие как воздействие радиации, УФ-облучение, инфекционные заболевания, стрессы, курение, могут приводить к снижению работы антиоксидантной системы организма и повышению риска различных заболеваний. Уменьшению вредного воздействия на организм свободных радикалов способствует систематическое употребление натуральных растительных продуктов с высоким содержанием антиоксидантов [6].

Т а б л и ц а 3

Витаминный состав фейхоа

Название	Масс. доля, мг/100 г продукта
Витамин В ₁	0,008
Витамин В ₂	0,032
Витамин В ₅	0,228
Витамин В ₆	0,05
Витамин В ₉	38,0
Витамин С	20,3
Витамин Е	9,33
Витамин РР	0,289

На рисунке 1 показано содержание пищевых веществ (белков, жиров, углеводов) и

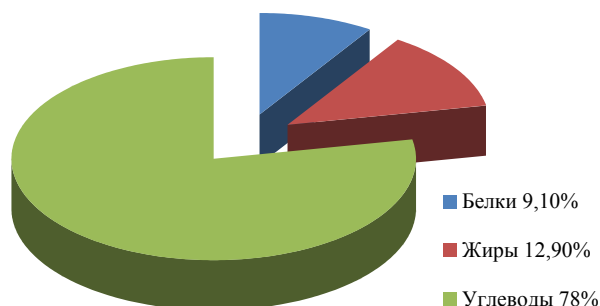


Рисунок 1. Пищевая ценность фейхоа

Разработана технология получения творожного продукта с фейхоа. Особенность технологии заключается в том, что в готовый творог вносят смесь протертой мякоти плода и сахара в соотношении 1:1 и сухой порошок кожуры фейхоа.

Объекты исследования являются сироп (мякоть плода фейхоа и сахар) и кожура плода в размельченном сухом виде, творог.

Совместимость наполнителя с творогом определяли сенсорно по следующим показателям – внешний вид, консистенция, цвет, запах, вкус (рисунок 2, 3).

Количество компонента влияет на органолептические показатели продукта. Дозировку сиропа варьировали от 1 до 10 %, сухого наполнителя – от 0,5 до 3,5 %.

Образцы с содержанием сиропа фейхоа с массовой долей 1-6 % имеют белый цвет, слабовыраженный вкус наполнителя, однородную консистенцию с кусочками мякоти.

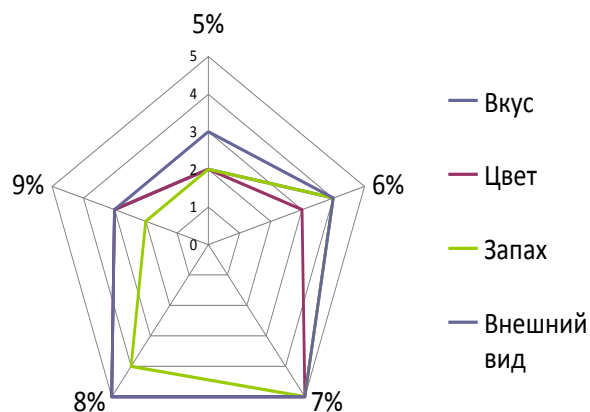


Рисунок 2. Бальная оценка творожного продукта в зависимости от массовой доли сиропа фейхоа

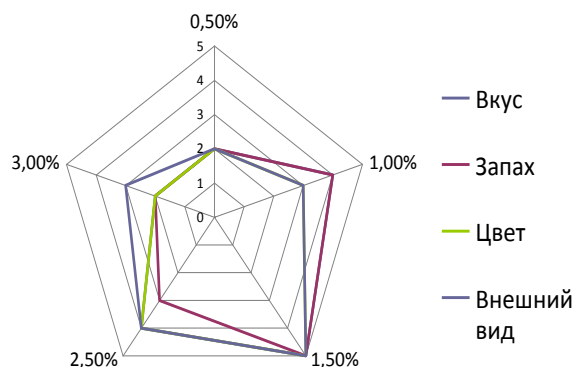


Рисунок 3. Бальная оценка творожного продукта в зависимости от массовой доли сухого компонента фейхоа

При внесении фейхоа более 9 % ухудшаются органолептические свойства: продукт приобретает рыхлую консистенцию и ярко выраженный кислый вкус.

Высокими органолептическими показателями характеризовались творожные продукты с массовой долей сиропа фейхоа 7 - 8 %.

Образцы с содержанием сухого наполнителя с массовой долей 0,5 - 1,0 % имеют белый цвет, слабовыраженный вкус наполнителя, однородную консистенцию с крупинками кожуры фейхоа.

При внесении сухого компонента более 3 % ухудшаются органолептические свойства: продукт приобретает консистенцию с большим количеством крупки кожуры фейхоа и ярко выраженный кислый вкус, неприятный цвет.

Высокими органолептическими показателями характеризовались творожные продукты с массовой долей сухого наполнителя фейхоа 1,5 %.

Смесь наполнителей вносили в уже готовый творожный продукт в соотношении сироп фейхоа и сухой порошок кожуры 8:1,5.

По результатам исследований разработаны рецептуры творожных продуктов. Проведенный патентный поиск показал, что продукт не имеет аналогов на российском рынке.

Технологический процесс получения творожного продукта отличается от традиционного, операциями подготовки компонентов и их внесением в готовый творог (рисунок 4).

Творожный продукт характеризуется следующими органолептическими и физико-химическими характеристиками (таблица 1, 2).

В результате проведенных исследований были получены следующие данные (рисунки 5-7).

Употребление творожного продукта способствует уменьшению дефицита в микро- и макроэлементах в дневном рационе.

Определена антиоксидантная активность наполнителя фейхоа 1,963 мг/дм³ (рисунок 8).

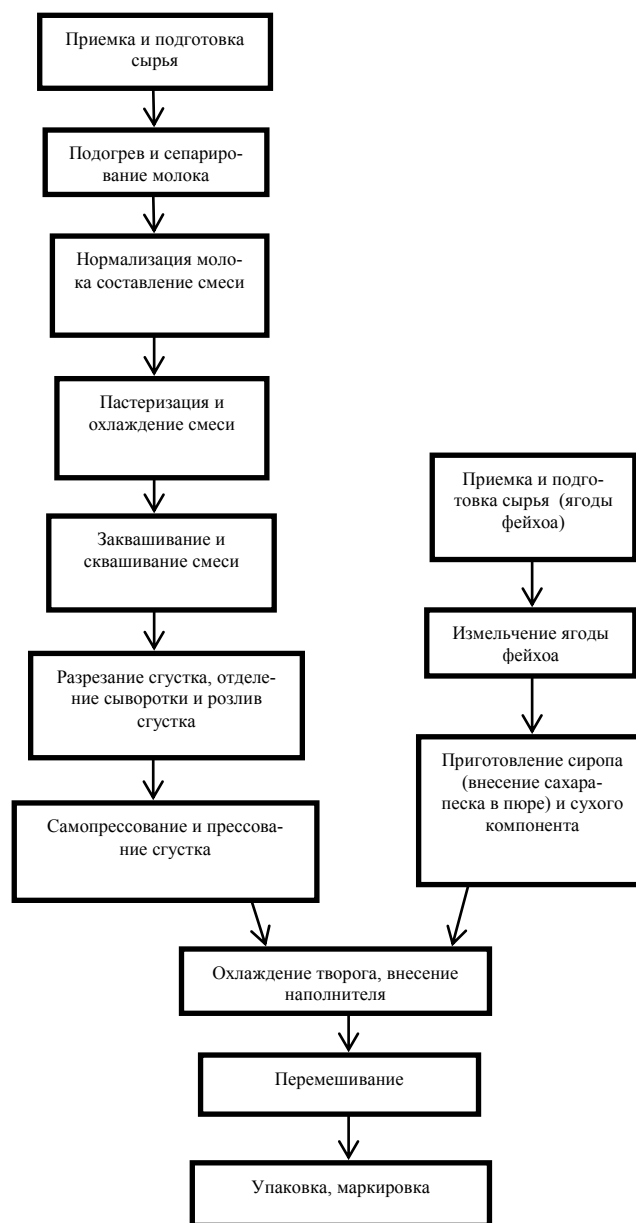


Рисунок 4. Технология получения творожного продукта

Т а б л и ц а 1

Органолептические показатели творога и
творожного продукта

Показатель	Контроль (творог)	Творожный продукт
1	2	3
Консистенция	Мягкая мажущаяся или рассыпчатая масса, с наличием ощутимых частиц молочного белка или без их наличия. При добавлении пищевкусковых компонентов с их наличием	Мягкая мажущаяся я масса, с наличием ощутимых частиц наполнителя

Продолжение табл. 1

1	2	3
Цвет	Чистый кисло-молочный, допускается привкус сухого молока. При введении сахара или подсластителей вкус в меру сладкий. При добавлении пищевкусовых компонентов - обусловленный добавленными компонентами	Приятный, в меру кисло-сладкий
Вкус и запах	Белый или с кремовым оттенком равномерный. При добавлении пищевкусовых компонентов обусловленный цветом добавленных компонентов	Белый, с мелкими вкраплениями наполнителя

Таблица 2

Физико-химические показатели
творожного продукта

Наименование показателя	Контроль	Творожный продукт
Титруемая кислотность, °Т	182	200
Массовая доля влаги, %	73,4	71,86
Массовая доля белка, %	21	19,81
Массовая доля жира, %	5	5



Рисунок 5. Макроэлементный состав творога и творожного продукта

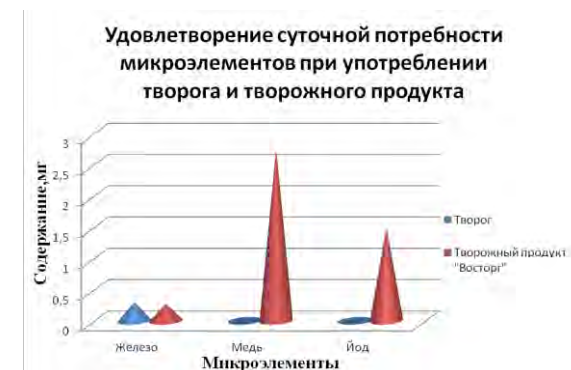


Рисунок 6. Микроэлементный состав творога и творожного продукта

Удовлетворение суточной потребности витаминов при употреблении творога и творожного продукта

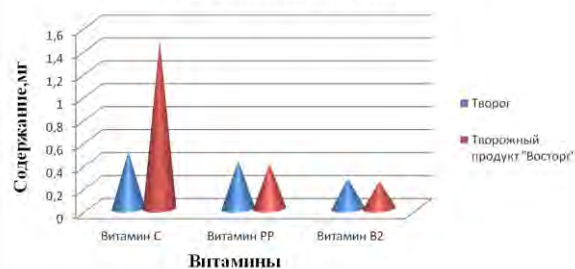


Рисунок 7. Витаминный состав творога и творожного продукта

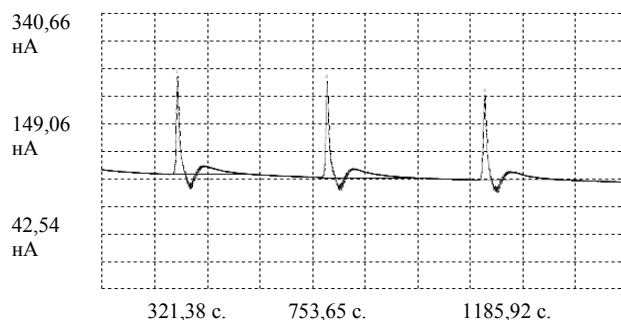


Рисунок 8. Антиоксидантная активность наполнителя фейхоа

Новый творожный продукт богат антиоксидантами, йодом, что способствует выведению свободных радикалов из организма и укреплению здоровья человека.

Растительная добавка позволяет получить продукт с новыми вкусовыми характеристиками. Срок годности творожного продукта – 5 суток.

ЛИТЕРАТУРА

1 Щетинин М.П., Кольтюгина О.В., Лоскутова Г.А., Дубинец И.М. Творожные продукты с облепихой // Молочная промышленность. 2010. №10. С. 68.

2. Сысоева М.Г., Глотова И.А., Калашникова С.В., Борзунова Н.В. Разработка творожных продуктов на основе козьего молока с растительными компонентами // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2013. № 2-3. С. 19-21.

3 Щетинин М.П., Кольтюгина О.В., Косынкина А.А. Творожный продукт с ягодными компонентами // Молочная промышленность. 2011. №10. С. 59.

4 Пат. № 2380915, RU, МПК А23С23/00. Способ получения творожного продукта «Грейпфрутовый» / Голубева Л.В., Долматова О.И., Долматова Ж.С.; Заявл. 15.10.2008; Опубл. 10.02.2010.

5. Dolmatova O. I. Outline keeping of milk product. Materiály X mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2014». Díl 28. Zemědělství.: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. P. 41-43.

6 Starzyńska-Janiszewska A., Stodolak B., Mickowska B. The effect of germination on antioxidant and nutritional parameters of protein isolates from grass pea (*lathyrus sativus*) seeds // Food science and technology international. 2010. V. 16, №1. P. 73-77.

REFERENCES

1 Shchetinin M.P., Kol'tyugina O.V., Loskutova G.A., Dubinets I.M. Cottage cheese products with sea buckthorn. *Molochnaya promyshlennost'*. [Dairy industry], 2010, no. 10, pp. 68. (In Russ.).

2. Sysoeva M.G., Glotova I.A., Kalashnikov S.V., Borzunova N.V. Development of cheese products based on goat's milk with vegetable compo-

nents. *Izvestiya vuzov*. [Proceedings of the universities. Food technology], 2013, no. 2-3, pp. 19-21. (In Russ.).

3 Shchetinin M.P., Kol'tyugina O.V., Kosynkina A.A. Curd product with berry components. *Molochnaya promyshlennost'*. [Dairy industry], 2011, no. 10, pp. 59. (In Russ.).

4 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Dolmatova Zh.S. [A method of producing a cottage cheese product "Grapefruit"]. Patent RF no. 2380915, 2010. (In Russ.).

5 Dolmatova O. I. Outline keeping of milk product. Materiály X mezinárodní vědecko - praktická konference «Věda a technologie: krok do budoucnosti – 2014».- Díl 28. Zemědělství.: Praha. Publishing House «Education and Science» s.r.o. pp. 41-43.

6 Starzyńska-Janiszewska A., Stodolak B., Mickowska B. The effect of germination on antioxidant and nutritional parameters of protein isolates from grass pea (*lathyrus sativus*) seeds. Food science and technology international, 2010, vol. 16, no. 1, pp. 73-77.

УДК 637

Профессор Л.В. Голубева, доцент О.И. Долматова,
студент В.Ф. Бандура

(Воронеж гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии продуктов животного происхождения.
тел. (473) 255-27-65
E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Professor L.V. Golubeva, associate Professor O.I. Dolmatova,
student V.F. Bandura

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of animal origin products
technology. phone (473)255-27-65
E-mail: Olgadolmatova@rambler.ru

Изучение свойств творожного продукта с компонентами растительного происхождения

Studying the properties of quark products with components of plant origin

Реферат. Разработана технология получения творожного продукта с добавлением кедровых орехов и меда (кедровых орехов и фруктозы). Необходимо изучить жирно-кислотный и витаминный состав творожного продукта, а так же провести исследования антиоксидантных свойств компонента растительного происхождения. Состав кедровых орехов уникален. Высококачественное масло составляет 63,9 % от ядра. При внесении кедрового ореха в творожный продукт происходит обогащение последнего растительным маслом. Основное отличие растительного жира (масла) от животного – большее содержание ненасыщенных жирных кислот. Они не могут образовываться в организме человека и должны поступать в организм с пищей. Проведены выработки творожного продукта на основе творога разной массовой доли жира. Установлено соотношение животных и растительных масел в образцах творожных продуктов: № 1 - 0,15:1, № 2 - 1,3:1, № 3 - 2,32:1. Оптимальное соотношение животных и растительных жиров в рационе современного человека – 70 : 30, то есть из общего количества поступающих в организм жиров (100-105 г в сутки) животных жиров должно быть 70-75 г, а растительных – 30 г. Наиболее приближенным к рекомендуемой норме соотношения животных и растительных жиров оказался образец № 2. Образец № 1 и 3 - дополнительно обогащаются растительными жирами, что так же положительно сказывается на творожном продукте. Изучен жирно-кислотный состав кедрового масла, творога и творожного продукта. Установлена повышенная массовая доля жирорастворимых витаминов. Количество витамина Е в творожном продукте увеличилось в 6 раз по сравнению с творогом без добавок. Изучены антиоксидантные свойства кедровых орехов. Определена антиоксидантная активность 3,92 мг/дм³. Установлено, что творожный продукт богат витаминами, антиоксидантами, полиненасыщенными жирными кислотами.

Summary. The technology of curd product with the addition of pine nuts and honey (pine nuts and fructose). It is necessary to examine the fatty acid and vitamin composition of cottage cheese products, as well as conduct research component of the antioxidant properties of vegetable origin. Composition pine nuts unique. High oil is 63.9% of the core. When making pine nuts in curd product is enriched with the latest oil. The main difference vegetable fat (oil) of the animal - higher content of unsaturated fatty acids. They cannot be formed in the human body and must be ingested with food. Held production curd cottage cheese product based on different mass fraction of fat. The relation of animal and vegetable oils in samples of cheese products: № 1 - 0.15: 1, № 2 - 1.3: 1, № 3 - 2.32: 1. The optimum ratio of animal and vegetable fats in the diet of modern man - 70: 30, that is, the total number of entering the body fat (100-105 grams per day) of animal fats should be 70-75 g and vegetable – 30 g. Closest to the recommended norm ratio of animal and vegetable fats was the sample № 2. Sample number 1 and 3 - further enriched vegetable fats, which also has a positive effect on curd products. Found an increase in the mass fraction of fat-soluble vitamins. The amount of vitamin E in the curd product increased 6 times in comparison with the cheese without additives. Studied the antioxidant properties of pine nuts. Determined the antioxidant activity of 3.92 mg / dm³. Found that cheese product is rich in vitamins, antioxidants, and a polynomial-saturated fatty acids.

Ключевые слова: творожный продукт, кедровый орех, жирные кислоты, витамины, антиоксидантная активность

Keywords: cheese product, pine nuts, fatty acids, vitamins, antioxidant activity

Разработана технология получения творожного продукта с добавлением кедровых орехов и меда (кедровых орехов и фруктозы).

При внесении кедрового ореха в творожный продукт происходит обогащение последнего растительным маслом.

Необходимо изучить жирно-кислотный и витаминный состав творожного продукта, а также провести исследования антиоксидантных свойств компонента растительного происхождения.

© Голубева Л.В., Долматова О.И., Бандура В.Ф., 2015

Основное отличие растительного жира (масла) от животного – большее содержание ненасыщенных жирных кислот [1]. В зависимости от насыщенности, они делятся на две группы: мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты. Оба типа ненасыщенных жиров присутствуют в растительных продуктах. Эти кислоты считаются более полезными, чем насыщенные жирные кислоты.

Среди ненасыщенных жирных кислот отдельно выделяют наиболее важные незаменимые жирные кислоты, такие как линолевая (омега-6) и линоленовая (омега-3) кислоты.

К положительным свойствам растительных масел относят: антиоксидантные, противовоспалительные, снижение артериального давления и риска некоторых раковых заболеваний, улучшение состояния волос и кожи, профилактика образования тромбов.

В настоящее время актуальным направлением в пищевой промышленности считается создание новых технологий молокосодержащих продуктов с растительными жирами [2-4].

Состав кедровых орехов уникален. Высококачественное масло составляет 63,9 % от ядра (таблицы 1, 2)

Т а б л и ц а 1

Жировой состав кедровых орехов

Название	Массовая доля, г на 100 г продукта	% от дневной нормы
Суммарное содержание жиров	68,37	68,4
Содержание ненасыщенных жирных кислот	52,83	128,9
Содержание омега-3 ненасыщенных жирных кислот	0,528	51,9
Содержание омега-6 ненасыщенных жирных кислот	36,404	349,8
Содержание насыщенных жирных кислот	7,98	31,9

В составе кедрового ореха обнаружены ненасыщенные жирные кислоты: пальмитолеиновая $C_{16:1}$ (омега-7), олеиновая $C_{18:1}$ (омега-9), линолевая $C_{18:2}$ (омега-6), линоленовая $C_{18:3}$ (омега-3), гадолеиновая $C_{20:1}$ (омега-11), эйкозодиеновая $C_{20:2}$ (омега-6), эйкозатриеновая $C_{20:3}$ (омега-3) и насыщенные жирные кислоты: пальмитиновая $C_{16:0}$, стеариновая $C_{18:0}$, арахидиновая $C_{20:0}$, бегеновая $C_{22:0}$.

Определена повышенная массовая доля линолевой (36 %) и олеиновой кислот (19,5 %) в кедровых орехах.

Линолевая кислота (рис. 1) относится незаменимым жирным кислотам, поступает с пищей. Организм человека способен синтезировать из нее арахидоновую жирную кислоту.

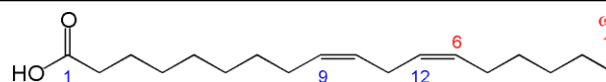


Рисунок 1. Линолевая кислота

Олеиновая кислота (рис. 2) – это мононенасыщенная кислота, которая содержится во многих продуктах растительного и животного происхождения. Она снижает общий уровень холестерина, при этом повышая уровень липопротеинов высокой плотности, и снижая содержание в крови липопротеинов низкой плотности (так называемого «плохого» холестерина). Олеиновая кислота обладает и другими полезными свойствами. Она замедляет развитие болезней сердца и способствует выработке антиоксидантов.

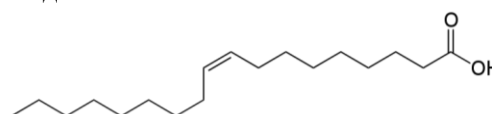


Рисунок 2. Олеиновая кислота

Немолочные жиры благоприятно влияют как на качество продуктов, в которых содержатся, так и на организм человека.

Проведены выработки творожного продукта на основе творога разной массовой доли жира: нежирного (образец № 1), 5 % (образец № 2) и 9 % (образец № 3).

Технологический процесс получения творожного продукта отличается от традиционного, операциями подготовки компонентов (кедровые орехи и мед или кедровые орехи и фруктоза) и их внесением в готовый творог. Дробленые ядра кедровых орехов вносили в полученный творог на стадии замеса в количестве от 1 до 10 %. Для придания продукту сладкого вкуса вносили мед или фруктозу. Определены оптимальные дозировки компонентов: кедровых орехов – 5 %, меда – 10 %, фруктозы – 7 %.

Установлено соотношение животных и растительных масел в образцах творожных продуктов: № 1 – 0,15:1, № 2 – 1,3:1, № 3 – 2,32:1. Оптимальное соотношение животных и растительных жиров в рационе современного человека – 70 : 30, то есть из общего количества поступающих в организм жиров (100-105 г в сутки) животных жиров должно быть 70-75 г, а растительных – 30 г. Для лиц пожилого возраста, а также предрасположенных к атеросклерозу и имеющих повышенное содержание холестерина в крови соотношение животных и растительных жиров рекомендуется на уровне 1 : 1. Оптимальным по своему жирно-кислотному составу является молочный жир, он обязательно должен присутствовать в рационе детей и ослабленных больных.

Наиболее приближенным к рекомендуемой норме соотношения животных и растительных жиров оказался образец № 2. Образцы № 1 и 3 - дополнительно обогащаются растительными жирами, что так же положительно сказывается на творожном продукте.

Далее исследования проводили для творожного продукта (образец № 2). Жирно-кислотный состав продукта определяется хроматографическим методом.

Жирно-кислотный состав творога и творожного продукта представлен в таблица 2.

Т а б л и ц а 2

Жирно-кислотный состав
исследуемых образцов

Наименование показателя	Творог	Творожный продукт
Массовая доля жирных кислот, %		
Насыщенные	66,23	63,64
каприновая	3,4	3,9
лауриновая	4,07	4,6
миристиновая	20,3	18,9
пальмитиновая	23,2	21,64
стеариновая	13,6	13,12
арахиновая	1,66	1,48
Мононенасыщенные	29,5	27,28
олеиновая	29,5	27,22
гондоиновая	-	0,064
Полиненасыщенные	4,23	6,8
линолевая	3,17	5,0
линоленовая	1,06	1,8
эйкозановая	-	0,011
Итого	100	100
Массовая доля полиненасыщенных жирных кислот, %		
ω -6	3,17	5,0
ω -3	1,06	1,8
Соотношение ω -6 : ω -3	2,99:1	2,77:1

Установлено обогащение творожного продукта полиненасыщенными жирными кислотами, в том числе линолевой кислотой (массовая доля увеличилась в 1,6 раз).

Сохранность жиров, а, следовательно, и самого продукта повышают антиоксиданты [5]. Многие витамины обладают антиоксидантным действием.

Антиоксидантное действие токоферола (рисунок 3) заключается в способности защищать от окисления двойные связи в молекулах каротина и витамина А. Витамин Е является эффективным иммуномодулятором, способствующим укреплению иммунзащитных сил организма.

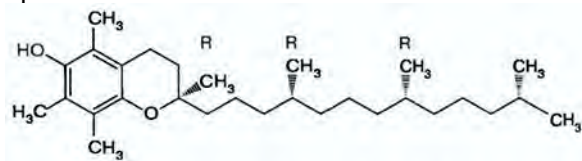


Рисунок 3. Токоферол (витамин Е)

Основная роль витамина РР в организме – это участие в окислительно-восстановительных процессах (рис. 4). Он способствует нормальному росту тканей, благоприятно влияет на жировой обмен, участвует в преобразовании сахара и жиров в энергию и др.

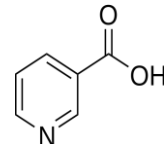


Рисунок 4. Никотиновая кислота (витамин РР)

Установлено обогащение творожного продукта компонентами кедрового масла, в том числе жирорастворимыми витаминами. Количество витамина Е в творожном продукте увеличилось в 6 раз по сравнению с творогом без добавок, витамина РР – осталось практически неизменным (рисунок 5).

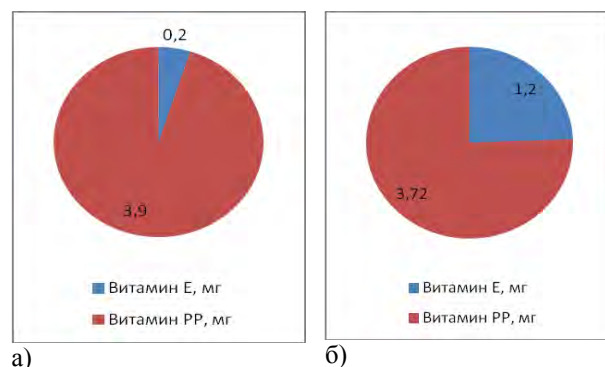


Рисунок 5. Массовая доля жирорастворимых витаминов: а) в твороге; б) в творожном продукте

Изучены антиоксидантные свойства кедровых орехов (рисунок 6). Результаты исследования представлены ниже.

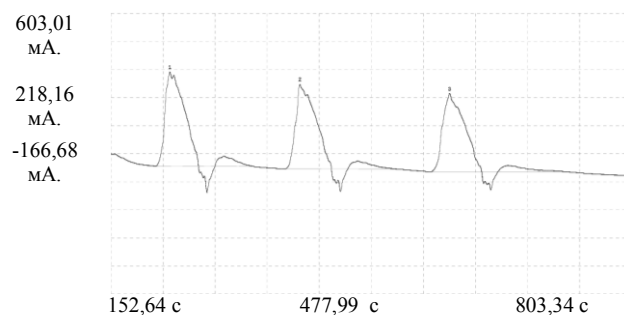


Рисунок 6. Антиоксидантная активность кедровых орехов

Определена антиоксидантная активность кедровых орехов 3,92 мг/дм³.

Установлено, что творожный продукт богат витаминами и антиоксидантами, полиненасыщенными жирными кислотами, что благоприятно сказывается на свойствах творожного продукта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Горбатова К. К., Гунькова П. И. Химия и физика молока и молочных продуктов. СПб.: ГИОРД, 2012. 336 с.
- 2 Голубева Л.В., Долматова О.И. Новые молокосодержащие продукты повышенного качества // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2013. № 4 (5). С. 63.
- 3 Голубева Л.В., Долматова О.И., Стремиллова О.Б., Бочарова Е.И. Влияние немолочных жиров на качество новых молокосодержащих продуктов // Хранение и переработка сельхозсырья. 2012. № 4. С. 49-50.
- 4 Khodjaeva U., Bojňanská T., Vietoris V., Sytar O. About food additives as important part of functional food // Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. Slovak University of Agriculture. 2013. №2. Issue: Special issue. P. 2227-2237.
- 5 Starzyńska-Janiszewska A., Stodolak B., Mickowska B. The effect of germination on antioxidant and nutritional parameters of protein isolates from grass pea (*lathyrus sativus*) seeds // Food science and technology international 2010. V. 16. №1. P. 73-77.

REFERENCES

- 1 Gorbatova K.K., Gunkova P.I. Khimiya i fizika moloka i molochnykh produktov [Chemistry and physics of milk and dairy products]. Sent-Petersburg, GIORД, 2012. 336 p. (In Russ.).
- 2 Golubeva L.V., Dolmatova O.I. New milk-products of high quality. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom*. [Economy. Innovation. Quality management], 2013, no. 4 (5), pp. 63. (In Russ.).
- 3 Golubeva L.V., Dolmatova O.I., Stremilova O.B., Bocharova E.I. Effect of non-dairy fat in the milk-quality new products. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2012, no. 4, pp. 49-50. (In Russ.).
- 4 Khodjaeva U., Bojňanská T., Vietoris V., Sytar O. About food additives as important part of functional food. Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences. Slovak University of Agriculture, 2013, no. 2, issue: Special issue, pp. 2227-2237.
- 5 Starzyńska-Janiszewska A., Stodolak B., Mickowska B. The effect of germination on antioxidant and nutritional parameters of protein isolates from grass pea (*lathyrus sativus*) seeds. Food science and technology international, 2010, vol. 16, no. 1, pp. 73-77.

УДК 636.086:598.5

Профессор В.Н. Василенко, доцент Л.Н. Фролова,
аспирант И.В. Драган, магистрант Н.А. Михайлова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. тех.) кафедра технологии жиров, процессов и аппаратов
пищевых и химических производств. тел. (473) 255-35-54
E-mail: vvn_1977@mail.ru

Professor V.N. Vasilenko, associate Professor L.N. Frolova,
graduate I.V. Dragan, master N.A. Mikhailova
(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology of fats,
processes and devices of food and chemical industries. phone (473) 255-35-54
E-mail: vvn_1977@mail.ru

Критические параметры качества растительных кормов для страусов (*Struthio camelus domesticus*) на искусственном пастбище в ЦЧР

Critical quality parameters vegetable feed for ostriches (*Struthio camelus domesticus*) on an artificial pasture in TcChR

Реферат. На основе изучения питания африканских страусов для разных возрастов в зоопарках, питомниках и малых фермерских хозяйств оценены питательность и сбалансированность каждого из компонентов растительных кормов, обеспечивающих потребности для обеспечения нормального роста птицы, развития и продуктивности, для увеличения массы тела, яйцекладки, качества инкубационных яиц и мяса, вывода и качества молодняка. В настоящее время в большинстве случаев птицу кормят, копируя естественное питание, однако оно имеет видовую, возрастную и сезонную специфику, обеспечивать которую в условиях зоопарка, питомника и фермерского хозяйства проблематично. Поэтому для решения данной проблемы нами были предложены рецептуры растительных кормов для кормления африканских страусов в условиях зоопарка, питомников и малых фермерских хозяйств, способствующих укреплению здоровья птицы, повышению скорости откорма, увеличению яйценоскости, увеличению их выживаемости, а также возможности замены дорогостоящего сырья на более дешевое разработанные с помощью программы оптимизации "Корм Оптима Эксперт". Для поддержания жизнедеятельности страусов обменная энергия корма должна быть не менее 260 ккал/100г, содержание протеина - не менее 16 %. Комплекс научных исследований в разработке рецептуры растительных кормов для африканских страусов в условиях зоопарка, питомников и малых фермерских хозяйств и анализ их качества может представлять интерес в области полноценного кормления африканских страусов. Предлагаемые рецептуры позволяют расширить ассортимент выпускаемых многокомпонентных кормов с достаточно высокой биологической, энергетической ценностью, сбалансированных по составу незаменимых аминокислот, витаминов и минеральных веществ, адаптированных для страусов, а также возможности замены дорогостоящего сырья на более дешевое.

Summary. On the basis of studying nutrition African ostriches for different ages in zoos, nurseries and small farms evaluated the nutritional value and balance of each of the components of plant feed, providing the needs for normal growth of poultry, development and productivity, to increase body weight, to increase egg production, quality hatching eggs, meat quality, output and quality of the young. Currently, in most cases, bird feed by copying the natural food, but it is the species, age and seasonal specifics, ensure that in the conditions of the zoo, nursery and farm problematic. Therefore, to solve this problem, we proposed the formulation of plant feed for feeding African ostriches in a zoo, nurseries and small farms that promote bird health, increase the rate of feeding, increase egg production, increase their survival, as well as the possibility of replacing expensive raw materials at cheaper developed using the optimization program "Food Optima Expert". To sustain ostriches exchange energy feed should be not less than 260 kcal / 100 g, protein content - not less than 16 %. The complex research to develop formulations of plant feed for African ostriches in a zoo, nurseries and small farms and the quality of their analysis may be of interest in the full feeding African ostriches. The proposed formulation can extend its range of multi-component feed with a sufficiently high biological, energy value, the balanced composition of essential amino acids, vitamins and minerals adapted for ostriches, as well as the possibility of replacing expensive raw materials at lower cost.

Ключевые слова: африканские страусы, кормление, рецептура, растительные корма.

Keywords: african ostriches, breast, recipe, vegetable feed.

© Василенко В.Н., Фролова Л.Н.,
Драган И.В., Михайлова Н.А., 2015

В коллекциях зоопарков страусообразные прочно занимают одно из ведущих мест, как по численности, так и по разнообразию видов самых популярных животных.

Их разводят с целью получения высококачественного мяса, яиц, перьев, шкуры, что представляет большой коммерческий интерес. Поэтому перспективным направлением является российское фермерское разведение страусов.

В настоящее время было основано более 30 новых фермерских хозяйств в областях и городах с небольшим поголовьем этих птиц – 20-60 страусов: Старый Оскол, Воронеж, Владимир, Челябинск, Брянск, Тольятти, Кисловодск, Анапа, Вологда, Волгоград, Ростов, Курск.

Компетентные авторы [1] отмечают выдающиеся воспроизводительные и продуктивные способности африканского страуса - при общей продолжительности жизни до 70 лет, самка, начав продуцировать в 2-3 года, сохраняет способность к воспроизводству в течение 35-40 лет. Даже при оптимальной яйценоскости в год 44 яйца, от одной самки можно ожидать в год до 20 страусят, которые при выращивании до 1 года при живой массе 100 кг обеспечат выход 1170 кг в тушах по 58,8 кг или 840 кг чистого мяса и жира, а также 25 м² прекрасных шкур (по 1,25 м²). Это, как минимум, в пять раз превосходит продуктивность мясной коровы, которая в год производит одного теленка, а в течение жизни от нее можно ожидать лишь 6-10 отелов. И качество мяса также ставит африканского страуса на особое место. От него получают диетическое красное мясо с исключительно низким содержанием холестерина – самое низкое по сравнению с другими видами сельскохозяйственных животных. Это совершенно новый, особый продукт с необычными пищевыми качествами [1].

Таким образом, все зоологические аспекты и зооветеринарные разделы работ в зоопарках, питомниках и фермерских хозяйствах нуждаются в совершенствовании, что обеспечит разработку технологий разведения страусов в искусственных, человеком созданных условиях. Это необходимо для пополнения коллекций зоопарков и выращивания достаточного количества молодняка с целью реинтродукции в природную среду при поддержании многочисленных, восстановлении утраченных или создании новых популяций, а также расширению фермерских хозяйств.

В настоящее время в большинстве случаев стремятся кормить африканских страусов,

копируя естественное питание. Однако это не всегда реально и возможно. Естественное питание страусов имеет возрастную, видовую и сезонную специфику, обеспечить которую в условиях зоопарка, питомника и фермерского хозяйства достаточно проблематично. В то же время кормление африканских страусов должно обеспечить поступление в организм всего комплекса питательных веществ. В зоотехнии достаточно хорошо и подробно изучены потребности организма в кормлении сельскохозяйственных птиц, по основным показателям: сырому протеину, обменной энергии и его аминокислотному составу, безазотистым экстрактивными веществами (БЭВ), включающим крахмал, сахара, жиры (собственно жиры, фосфиды, стеарины, воск), клетчатку, минеральным веществам, включая и витамины и микроэлементы.

Уровень кормления молодняка африканских страусов обеспечивает его нормальный рост, развитие и дальнейшую продуктивность, время достижения половозрелости, начало яйцекладки, качество инкубационных яиц, вывод и качество молодняка. Наиболее важно, чтобы растительные корма были высокого качества, и уровень кормления на протяжении периода яйцекладки не изменялся, так как это может привести к приостановлению производства яиц. Улучшением кормления и условий содержания, можно стимулировать яйцекладку [3, 5].

Следует отметить, что программы кормления африканских страусов разработаны очень слабо и в большей части рекомендации сделаны по аналогии с другими видами птиц и на основании практического опыта страусоводов.

Цель исследования состоит в разработке рецептуры растительных кормов для африканских страусов в условиях зоопарка, питомников и малых фермерских хозяйств, способствующих укреплению здоровья птицы, повышению скорости откорма, увеличению яйценоскости, увеличению их выживаемости, а также возможности замены дорогостоящего сырья на более дешевое.

Для составления рецептуры растительных кормов для африканских страусов в условиях зоопарка, питомников и малых фермерских хозяйств был проведен широкий анализ сырья растительного и животного происхождения [4, 5], в результате чего с помощью программы «Корм Оптима Эксперт» составлены перспективные рецептуры (таблица 1).

Компоненты предлагаемых рецептурных растительных кормов

Состав	Рецепт корма № ДК – 61 По ГОСТ: 18221 -99 для африканских страусов 5 – 36 недель	Рецепт корма № ДК – 61М (предложенный) для африканских страусов 5-36 недель
Пшеница	-	20,3
Овес	-	1,4
Ячмень без пленок	38	-
Кукуруза	14,9	24,9
Отруби пшеничные	5,9	7,0
Жмых подсолнечный	10,0	10,0
Шрот подсолнечный	10,0	10,0
Мука мясная	6,0	6,0
Дрожжи кормовые	5,0	5,0
Мука рыбная СП 63%	6,0	6,0
Погоны дезодорации	-	3,0
Соль поваренная	0,3	0,3
Мел кормовой	2,0	2,0
Известняковая мука	1,8	2,0
Сода пищевая	0,1	0,1
П5-1 Хайсекс Белый	1,0	1,0
П – 5 КОББ - 500	1,0	1,0

Была рассчитана питательность и сбалансированность каждого из компонентов составленных растительных кормов (рисунки 1 – 4).

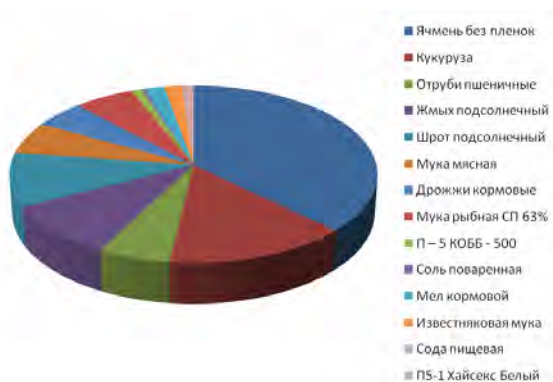


Рисунок 1. Питательность корма ДК-61 для африканских страусов 5-36 недель

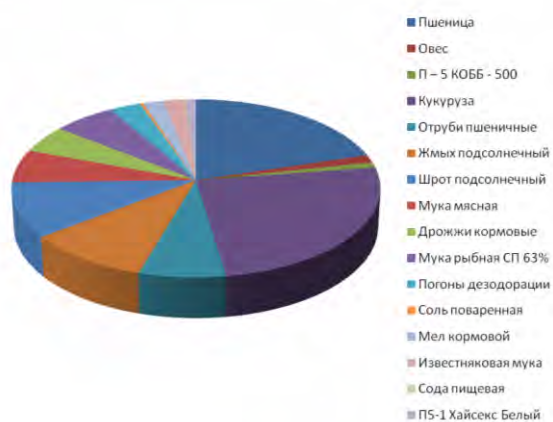


Рисунок 2. Питательность корма ДК – 61М для африканских страусов 5-36 недель

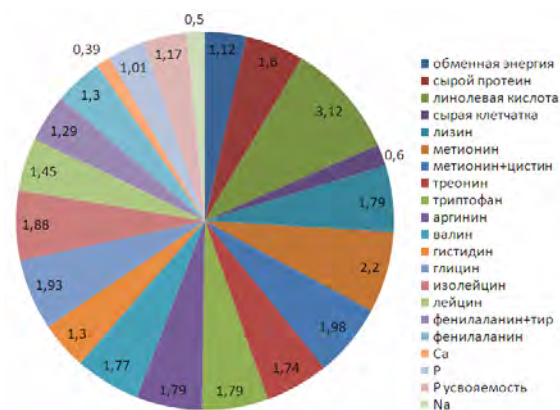


Рисунок 3. Сбалансированность рецептов по аминокислотам и микроэлементам ДК -61 для африканских страусов 5-36 недель

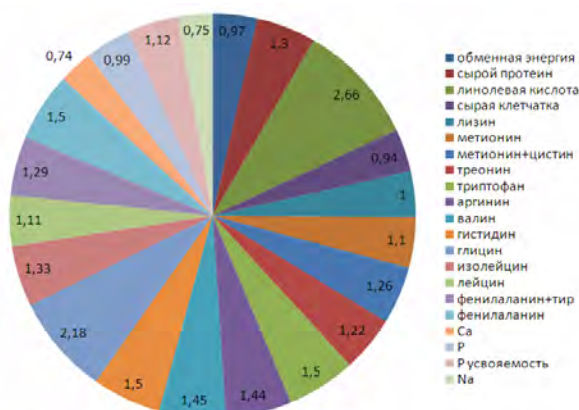


Рисунок 4. Сбалансированность рецептов по аминокислотам и микроэлементам ДК – 61М для африканских страусов 5-36 недель

Для определения обменной энергии полученного растительного корма исследовано содержание в нем основных качественных характеристик, приведенных на рисунках 3-4 в виде графической зависимости, позволяющей судить о преимуществах составленных растительных кормов для африканских страусов.

Растительный корм, полученный при рациональных параметрах процесса гранулирова-

ния и оптимально выбранном соотношении кормовых компонентов, анализировали по комплексу показателей, характеризующих его кормовые свойства, обменную энергию, питательность, а также изучали влияние условий и сроков хранения на качество гранулированного корма для африканских страусов (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Физико-химические показатели растительного корма

Наименование	Срок хранения, мес	Рецепт корма № ДК -61 М для страусов 5-36 недель	Норма для корма ГОСТ 18221 - 99 для страусов в возрасте 5 - 36 недель
Массовая доля влаги, %	Начало	10,5	14
	два	10,0	
	четыре	9,8	
Длина гранул, мм не более	Два диаметра		10
Крошимость гранул, %, не более	Начало	3,15	
	два	3,11	
	четыре	3,90	
Обменная энергия не менее, ккал/100 г	Начало	261	260
	два	260	
	четыре	259	
Сырой протеин не менее, %	Начало	22,02	16
	два	21	
	четыре	19,7	
Сырой жир не менее, %	Начало	6,3	3,3
	два	5,1	
	четыре	4,5	
Клетчатка не более, %	Начало	4,8	5,0
	два	4,7	
	четыре	4,6	
Кислотное число, град	Начало	3,0	7
	два	4,2	
	четыре	5,3	
Фосфор не менее, %	Начало	0,49	0,45
	два	0,47	
	четыре	0,45	
Лизин не менее, %	Начало	3,3	0,7
	два	3,0	
	четыре	2,8	

Данные анализа проводились по физико-химическим и органолептическим показателям готовой продукции в соответствии с ГОСТ, которые представлены в таблице 2. Органолептические показатели готовой продукции были следующие: внешний вид – гранулы цилиндрической формы с глянцевой или матовой поверхностью, без трещин; цвет – соответствующий цвету рассыпного комбикорма, из которого готовят гранулы, или темнее (при вводе красителей – цвет соответствующего красителя); запах – соответствующий набору доброкачественных компонентов исходных кормов без затхлого, плесневелого и других посторонних запахов.

Таким образом, комплекс научных исследований в разработке рецептуры растительных кормов для африканских страусов в условиях зоопарка, питомников и малых фермерских хозяйств и анализ их качества может представлять интерес в области полноценного кормления африканских страусов.

Предлагаемые рецептуры позволят расширить ассортимент выпускаемых многокомпонентных кормов с достаточно высокой биологической, энергетической ценностью, сбалансированных по составу незаменимых аминокислот, витаминов и минеральных веществ, адаптированных для страусов, а также возможности замены дорогостоящего сырья на более дешевое.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Афанасьев В.А., Остриков А. Н., Василенко В. Н., Фролова Л. Н. Разработка мобильной установки для приготовления кормо-лекарственных смесей // Хранение и переработка сельхозсырья. 2014. № 5. С. 38-40.
- 2 Куликов Л.В. Разведение страусов прибыльное дело // Птицеводство. 1998. №4. С. 40-41.
- 3 Остриков А.Н., Абрамов О.В., Логинов А.В., Красовитский Ю.В. и др. Процессы и аппараты пищевых производств: учебник для вузов. СПб. : ГИОРД, 2012. 616 с.
- 4 Фисинин В.И. Рекомендации по кормлению сельскохозяйственной птицы.. Сергиев Посад: Всеросс. н.-и. и технол. ин-т птицеводства, 1999. 67 с.
- 5 Шевцов А.А., Василенко В.Н., Шенцова Е.С., Фролова Л.Н. Технология комбикормов: новые подходы и перспективы: учебное пособие Воронеж : ВГТА, 2011. 248 с.

REFERENCES

- 1 Afanas'ev V.A., Ostrikov A. N., Vasilenko V.N., Frolova L. N. Development of a mobile unit for preparing forage-medicinal mixtures. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. [Storage and processing of agricultural raw materials], 2014, no. 5, pp. 38-40. (In Russ.).
- 2 Kulikov L.V. Breeding ostriches money-maker. *Ptitsevodstvo*. [Poultry], 1998, no. 4, pp. 40-41. (In Russ.).
- 3 Ostrikov A.N., Abramov O.V., Loginov A.V., Krasovitskii Yu.V. et al. *Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv* [Processes and devices of food production]. Sent-Petersburg, GIORД, 2012. 616 p. (In Russ.).
- 4 Fisinin V.I. *Rekomendatsii po kormleniyu sel'skokhozyaistvennoi ptitsy* [Recommendations for feeding rural-agricultural-bird]. Sergiev Posad, 1999. 67 p. (In Russ.).
- 5 Shevtsov A.A., Vasilenko V.N., Shentsova E.S., Frolova L.N. *Tekhnologiya kombikormov: novye podkhody i perspektivy* [Technology of feed: New Approaches and Perspectives]. Voronezh, VGTA, 2011. 248 p. (In Russ.).

УДК 543.613.3

Профессор Н.С. Родионова, аспирант О.А. Соколова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса
профессор Т.А. Кучменко, инженер Р.У. Умарханов
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.
тел. (473) 255-37-72
E-mail: super.sokol-ol@yandex.ru

Professor N.S. Rodionova, post-graduate O.A. Sokolova
(Voronezh state university of engineering technologies)
Department of service and restaurant business
professor T.A. Kuchmenko, engineer R.U. Umarkhanov
(Voronezh state university of engineering technologies)
Department of physical and analytical. phone (473) 255-37-72
E-mail: super.sokol-ol@yandex.ru

Влияние термической обработки на формирование аромата муки зародышей пшеницы

Heat treatment influence on the aroma formation of wheat germs flour

Реферат. Мука зародышей пшеницы богата белками, которые содержат полный комплекс аминокислот. Сравнение химического состава муки из пшеничных зародышей с различными видами орехов показывает, что они не уступают по пищевой ценности, а по содержанию витаминов и некоторых макро- и микроэлементов превосходят орехи в несколько раз. При этом, учитывая предпочтение потребителей натуральных продуктов и максимальное исключение из рецептур синтетических вкусоароматообразователей, возникает проблема формирования орехового аромата в конечном продукте, произведенном с заменой орехов. В работе изучали влияния термической обработки на формирование аромата муки зародышей пшеницы с применением пьезосорбционного «электронного носа». Установлено различное содержание легколетучих органических соединений в равновесной газовой фазе над пробами в зависимости от условий термической обработки: больше всего их в аромате пробы 2, наименьшее – в пробах 1 и 4. По интенсивности аромата или содержанию отдельных классов легколетучих соединений пробы отличаются от пробы-стандарта. Установлено по откликам отдельных сенсоров, что в равновесной газовой фазе над образцами содержатся гидрофильные соединения и вода, существенно содержание азотсодержащих и специфических (ароматических) соединений, сложных эфиров. По интенсивности аромата или содержанию отдельных классов легколетучих соединений пробы отличаются от пробы-стандарта. В большей степени изменяется качественный состав РГФ для проб 3 и 4 в сравнении с пробой-стандартом. При этом для проб 3, 4, 5 увеличивается содержание сильнополярных летучих соединений (в том числе кетоны, спирты), уменьшается содержание сложных эфиров, кислот. По соотношению отдельных классов соединений в равновесной газовой фазе установлено заметное влияние времени термической обработки на перераспределение соединений РГФ для муки зародышей пшеницы. Таким образом, продолжительность термической обработки влияет на аромат муки зародышей пшеницы. Из полученных результатов «визуальных отпечатков» муки зародышей пшеницы различной степени обжарки, установлено оптимальное время термической обработки, при котором формируется «ореховый» аромат, которое составляет от 6,5 до 10,5 мин при температуре 150 °С.

Summary. Wheat germs flour is protein-rich with a full complex of amino acids. Comparison of a chemical composition of flour from wheaten germs with different nuts types shows that they don't concede on a nutrition value, and in the vitamins content of both some macro - and microcells surpass nuts several times. Thus, considering preference of consumers of natural products and the maximum exception of compounding of synthetic taste-aroma maker, a problem of formation of nut aroma in the final product made with nuts replacement takes place. In our work we studied influences of heat treatment on aroma formation of wheat germs flour with application of piezo-sorption of "an electronic nose". Various content of easily volatile organic compounds in an equilibrium gas phase over tests depending on conditions of heat treatment is established: most of them in aroma of test 2, the smallest – in tests 1 and 4. On intensity of aroma or the contents of separate classes of easily volatile compounds the test differs from test standard. It is found out on responses of separate sensors that the equilibrium gas phase over samples contains hydrophilic connections and water, the content of nitrogen-containing and specific (aromatic) connections, esters is essential. On intensity of aroma or the maintenance of separate classes of easily volatile compounds the tests differ from test standard. Thus for the tests 3, 4, 5 the content of high-polarity volatile compounds increases (including ketones, alcohols), the content of esters, acids decreases. On a ratio of separate classes of connections in an equilibrium gas phase noticeable influence of time of heat treatment on redistribution of connections of RGF for flour of germs of wheat is determined. Thus, the heat treatment duration influences wheat germs flour aroma. From the received results of "visual prints" of wheat germs flour of various degree of roasting, optimum time of heat treatment at which "nut" aroma appears ranges from 6,5 to 10,5 min. at a temperature of 150 °C is determined.

Ключевые слова: мука зародышей пшеницы, аромат, термическая обработка, пьезосорбционный «электронный нос», «визуальные отпечатки».

Keywords: wheat germs flour, aroma, heat treatment, piezo-sorption "electronic nose", "visual prints".

© Родионова Н.С., Соколова О.А.
Кучменко Т.А., Умарханов Р.У., 2015

Сравнительный химический состав муки зародышей пшеницы и некоторых видов орехов

Наименование показателя	Наименование продукта			
	Мука зародышей пшеницы	Орехи грецкие	Миндаль	Фундук
Белки, г	33,8	15,2	21,2	16,1
Жиры, г	8,0	65,2	49,4	66,9
Углеводы, г	47,0	13,7	54,7	5,9
Зола, мг	4,3	1,78	2,9	2,3
Клетчатка, мг	4,2	6,7	12,2	9,8
Fe, мг	8,0	2,9	3,72	3,0
Ca, мг	800,0	98,0	264,0	170,0
Na, мг	1,0	2,0	1,0	3,0
K, мг	1100,0	441,0	705,0	170,0
P, мг	1320,0	346,0	484,0	299,0
Zn, мг	20,0	3,1	3,08	2,4
Mg, мг	38,0	138,0	268,0	172,0
Mn, мг	27,0	3,41	2,29	4,2
Селен, мг	0,02	0,05	0,02	-
Витамин В ₁ , мг	3,0	0,34	0,21	0,3
Витамин В ₂ , мг	0,6	0,15	1,01	0,1
Витамин В ₆ , мг	15,0	1,13	-	1,1
Витамин В ₉ , мг	1,0	0,54	0,14	0,7
Витамин В ₁₂ , мг	2,0	0,09	0,05	0,06
Витамин А, мг	0,6	0,001	-	0,01
Витамин С, мг	-	1,3	-	1,4
Витамин Е, мг	30,0	0,7	26,2	23,5
Витамин РР, мг	9,0	1,12	-	2,0
Калорийность, ккал	294,0	654,0	575,0	630,0

В настоящее время объектом пристального внимания всех цивилизованных стран выступает здоровое питание. Доказано, что правильное питание обеспечивает рост и развитие детей, способствует профилактике заболеваний, повышению работоспособности и продлению жизни людей, создавая при этом условия для адекватной адаптации их к окружающей среде.

Рынок продуктов функционального питания стремительно формируется и в России. Одной из четырех групп продуктов функционального назначения на российском рынке представлены кондитерские изделия на основе зерновых. При производстве кондитерских изделий часто используются дорогостоящие компоненты (орехи) в основном импортируемые в нашу страну.

Альтернативной заменой орехам при производстве функциональных кондитерских изделий может стать мука зародышей пшеницы. Мука из зародышей пшеницы богата белками, которые содержат полный комплекс аминокислот, в том числе незаменимых. По своим свойствам они сравнимы с белками животного происхождения. Содержание белка в муке зародышей пшеницы – 33,8 %, углеводов – 47 % (в их числе сахара – 15–18 %, целлюлоза и гемицеллюлоза – 30–33 %), жиров, в том числе ненасыщенных – 8 %. Кроме того, мука зародышей пшеницы является источником витаминов В₁, В₂, В₆, РР, А, Е, К, макро- и микроэлементов [1].

Сравнение химического состава муки из пшеничных зародышей с различными видами орехов [6] показывает, что они не уступают по пищевой ценности, а по содержанию витаминов и некоторых макро- и микроэлементов превосходят орехи в несколько раз. Этот факт делает перспективным введение муки зародышей пшеницы в рецептуры кондитерских изделий в качестве заменителя орехов (таблица 1).

При этом, учитывая предпочтение потребителей натуральных продуктов и максимальное исключение из рецептур синтетических вкусо-ароматизаторов, возникает проблема формирования орехового аромата в конечном продукте, произведенном с заменой орехов.

Формирование и анализ аромата сложен в силу того, что объект содержит множество легколетучих веществ с относительно небольшой молекулярной массой.

В процессе термической обработки происходит ряд биохимических превращений – карамелизация сахаров, меланоидинообразование, декстринизация крахмалов, при этом аромат, присущий исходному продукту, исчезает, в значительной степени преобразуется или маскируется. Аналогичный эффект достигается при обжаривании муки зародышей пшеницы. Обосновать режимы термообработки в данном случае можно на основании анализа изменений аромата, при этом даже незначительные отклонения режимов могут привести к порокам запаха.

Аналитические возможности современных масс-спектрометров, газовых и жидкостных хроматографов и позволяют получить разнообразную информацию о качественном и количественном составе запахов, могут решать различные задачи пищевого анализа, например, классифицировать и идентифицировать ароматы по основному компоненту, количественно оценивать интенсивность запаха, определять присутствие в продукте нежелательных примесей и несвойственных продукту нутриентов. Однако данные методы дороги и громоздки.

Цель исследования - изучение влияния термической обработки на формирование аромата муки зародышей пшеницы с применением пьезосорбционного «электронного носа».

В качестве объектов исследования служили образцы муки зародышей пшеницы различной степени обжарки. В серии экспериментов последовательно меняли время нагрева в жарочном шкафу при условии вынужденной конвекции теплоносителя: 1 проба - контроль (без обжарки), 2 проба - 3,5 минут, 3 проба - 6,5 минут, 4 проба - 8,5 минут, 5 проба - 12,5 минут. Для изучения влияния термического

воздействия на состав легколетучих ароматобразующих соединений, пробы 2-5 насыпали на противень слоем 5 мм и термостатировали, при температуре в рабочей камере 150 °С.

В качестве измерительного массива применены 8 сенсоров на основе пьезокварцевых резонаторов ОАВ типа с базовой частотой колебаний 10,0 МГц с разнохарактерными пленочными сорбентами на электродах [2-4]. Покрывтия выбраны в соответствии с задачей испытаний и высокой чувствительностью к сильнополярным органическим соединениям - поливинилпирролидон, ПВП (сенсор 1); полиэтиленгликоль ПЭГ-2000 (сенсор 4) – спирты, кетоны; к кислотам - краун-эфир, дициклогексан-18-К-6, 18К6 (сенсор 3) и Tween 40, Tw (сенсор 7); к сложным эфирам – полиэтиленгликоль фталат, ПЭГФ (сенсор 6); к кетонам, альдегидам – пчелиный клей, ПчК (сенсор 5); к фенольным и другим ароматическим соединениям – триоктилфосфиноксид, ТОФО (сенсор 8); полярный (чувствительный к кислотам, спиртам, альдегидам, эфирам, азотсодержащим соединениям – аммиаку, аминам, др. органическим соединениям): полидиэтиленгликоль себацат, ПДЭГС (сенсор 2).

Средние пробы муки (5,00 гр), помещали в стерильный стеклянный пробоотборник, выдерживали при температуре 20 ± 1 °С в герметичном сосуде с полимерной мягкой мембраной. Отбирали индивидуальным шприцем 3 см³ равновесной газовой фазы и вводили в ячейку детектирования. Проба характеризуется высоким содержанием легколетучих веществ в равновесной газовой фазе (РГФ) без нагревания. $T_{\text{воздуха}}$ в лаборатории 23 °С (Фон от 4,2 до 10 Гц.с).

Время измерения 60 с, режим фиксирования откликов сенсоров – равномерный с шагом 1 с, оптимальный алгоритм представления откликов сенсоров – по максимальным откликам отдельных сенсоров. Погрешность измерения - 5-10 %.

Суммарный аналитический сигнал сформирован с применением интегрального алгоритма обработки сигналов 8-ми сенсоров в виде «визуального отпечатка». Для установления общего состава запаха проб применяли полные «визуальные отпечатки» максимумов (наибольшие отклики 8-ми сенсоров).

Для установления содержания легколетучих соединений в равновесной газовой фазе над образцами муки разной степени обжарки, сравнили величины откликов всех выбранных сенсоров в массиве (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Отклики сенсоров (Гц) и площадь «визуального отпечатка» сигналов сенсоров в РГФ над пробами

Пробы	S1 – ПВП	S2 – ПДЭГС	S3 – 18К6	S4 – ПЭГ2000	S5 – Пч.кл	S6 – ПЭГ фтал.	S7 – Tween	S8 – ТОФО	S _Σ Гц·с
1	10	16	11	2	2	6	3	7	170
2	13	19	13	3	3	7	5	9	268
3	12	19	12	2	2	5	3	6	211
4	11	16	10	2	3	5	3	7	173
5	12	16	11	1	3	5	4	8	192

Установлено различное содержание легколетучих органических соединений в равновесной газовой фазе над пробами в зависимости от условий термической обработки: больше всего их в аромате пробы 2, наименьшее – в пробах 1 и 4.

По интенсивности аромата или содержанию отдельных классов легколетучих соединений пробы отличаются от пробы-стандарта (рисунок 1). Установлено по откликам отдельных сенсоров, что в равновесной газовой фазе над образцами содержатся гидрофильные соединения (полярные легколетучие) и вода, существенно содержание азотсодержащих и специфических (ароматических) соединений, сложных эфиров.

Проследим изменение общего содержания легколетучих компонентов в РГФ над пробами (рисунок 1).

Наиболее близки по суммарному содержанию РГФ над пробами 1 и 4, такая высокая степень схожести «визуальных отпечатков» служит доказательством близости по составу (качественному и количественному) аромата проб. В большей степени различаются пробы 1 и 2.

Параллельно проводилась оценка аромата группой людей, не являющихся профессиональными дегустаторами. Полученные результаты можно признать адекватными оценке, вынесенной подготовленным специалистом.

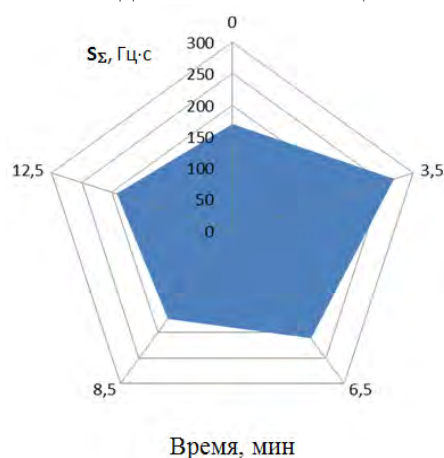


Рисунок 1. Зависимость площади «визуального отпечатка» сигналов массива сенсоров в РГФ над пробами муки

По результатам анализа аромата «электронным носом» и дегустационной оценки исследуемые образцы определены в группы по степени их сходства. Сопоставление оценок аромата проб муки зародышей пшеницы, полученных двумя методами, позволяет сделать следующие выводы: по результатам анализа обоими методами в разные группы определены пробы 2-я, 3-я и 5-я. Исключение составляет 4-я проба, которая дегустаторами выделена, как отдельная, а «электронный нос» показал идентичность ее 1-й пробе.

Проследим изменения в количественном составе РГФ над пробой по относительному содержанию основных классов легколетучих соединений, оцененному методом нормировки (таблица 3).

Т а б л и ц а 3

Относительное содержание компонентов в пробах, ω % масс

Номер пробы	Влага, другие полярные	Летучие кислоты	Азотсодержащие	Сложные эфиры	Кетоны, спирты, эфиры	Ароматич. соед.
1- Ст	17,5	24,6	28,1	10,5	7,0	12,3
2	18,1	25,0	26,4	9,7	8,3	12,5
3	19,7*	24,6	31,1	8,2	6,7	9,8
4	19,3	22,8	28,1	8,8	8,8	12,3
5	20,0	25,0	26,7	8,3	6,7	13,3

* - отмечены значимые отличия содержания определенных классов соединений относительно соответствующего стандарта в группе.

Установлено, что по содержанию основных классов органических соединений образцы отличаются друг от друга.

В большей степени изменяется качественный состав РГФ для проб 3 и 4 в сравнении с пробой-стандартом.

При этом для проб 3, 4, 5 увеличивается содержание сильнополярных летучих соединений (в том числе кетоны, спирты), уменьшается содержание сложных эфиров, кислот.

Для установления различий в составе легколетучей фракции аромата изделий сопоставим «визуальные отпечатки» сигналов сенсоров в РГФ над пробами (рисунок 2).

При длительной тепловой обработке белки подвергаются более глубоким изменениям, связанным с разрушением их макромолекул. На первом этапе изменений от белковых молекул могут отщепляться функциональные группы с образованием таких летучих соединений, как аммиак, сероводород, фосфористый водород, углекислый газ и др. Накапливаясь в продукте, они участвуют в образовании вкуса и аромата готовой продукции.

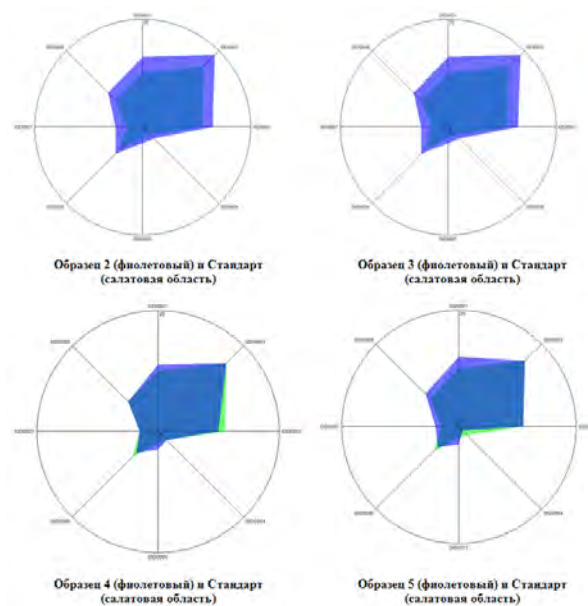


Рисунок 2. «Визуальные отпечатки» максимальных сигналов сенсоров в РГФ над пробами без откликов наиболее чувствительного универсального сенсора и результаты сопоставления со стандартом. По осям указаны номера сенсоров в матрице. По вертикали – максимальные отклики сенсоров (Гц)

Кроме удаления влаги, во время обжарки происходят количественные и качественные изменения практически всех составных частей муки зародышей пшеницы: белковых веществ, сахаров, органических кислот, дубильных и фенольных соединений, красящих веществ, жира и др. [5]. Эти изменения обуславливают структурные свойства оболочки и ядра, появление вкуса и аромата, изменение цвета муки зародышей пшеницы и решающим образом влияют на качество готовых изделий.

Нарушается целостность клеточной структуры ядра. При высокой температуре вода в клетках превращается в пар, возникает давление пара, которое вызывает разрыв клеточных стенок, что при размоле зародышей пшеницы способствует более свободному и полному выходу из клеток жира.

В процессе прогревания внутренних слоев муки зародышей пшеницы протекают процессы, связанные с изменениями белков и крахмала. Чем выше температура и более продолжителен процесс обжарки, тем полнее происходят денатурация белковых веществ и обезвоживание зерен крахмала.

Незначительное уменьшение летучих кислот объясняется накоплением определенного количества летучих и нелетучих органических кислот в результате тепловой деградации сахаров, при которой образуются муравьиная, уксусная,

пропионовая, масляная, валериановая, капроновая, а также винная, малоновая и янтарная кислоты. Таким образом, изменяется не только содержание летучих кислот, но и свободных нелетучих кислот. В процессе обжарки муки зародышей пшеницы количество свободных кислот уменьшается, а содержание связанных возрастает.

По величинам относительной разницы площадей «визуальных отпечатков» для проб и стандартов возможно оценить влияние режима термообработки и правильность его подбора.

Форма «визуального отпечатка» сигналов сенсоров отражает состав РГФ над исследуемыми образцами муки. Проследить изменения в качественном составе РГФ над пробами и появление/исчезновение соединений легколетучей фракции позволяет параметр A_{ij} , показывающий постоянство соотношения концентраций отдельных классов легколетучих соединений в РГФ (таблица 3).

По соотношению A абсолютных сигналов сенсоров с пленкой ПДЭГС (азотсодержащие органические соединения, вода) и с универсальной пленкой ПВП (ПДЭГС/ПВП) можно оценить долю азотсодержащих соединений среди других полярных соединений и воды. Аналогично оценивали долю кислот к аминам (Тв/ПДЭГС), эфиров (ПЭГФ/ПВП), ароматических соединений (ТОФО/ПВП) к общему содержанию высокополярных соединений и воды. Установлены некоторые особенности изменения состава анализируемых проб (таблица 3). Если показатели A для проб близки или совпадают для таких показателей РГФ над

пробами, то можно считать, что соотношение содержания в пробах соединений одинаково. Если соотношение сигналов отличается, то соотношение концентраций этих групп соединений изменилось (таблица 4).

Установлено, что по этому показателю изменяется распределение легколетучих веществ над пробами, по сравнению со стандартом больше всего для пробы 3 и 5.

Т а б л и ц а 4

Соотношение сигналов нескольких сенсоров в матрице для тестируемых проб

Пробы	Показатель стабильности аромата			
	$A_{ПДЭГС/ПВП}$	$A_{Тв/ПДЭГС}$	$A_{ПЭГФ/ПВП}$	$A_{ТОФО/ПВП}$
Проба 1-Стандарт	1,60	0,19	0,60	0,70
Проба 2	1,46	0,26	0,54	0,70
Проба 3	1,58	0,16	0,42	0,50
Проба 4	1,45	0,19	0,45	0,64
Проба 5	1,33	0,25	0,42	0,67

По соотношению отдельных классов соединений в равновесной газовой фазе установлено заметное влияние времени термической обработки на перераспределение соединений РГФ для муки зародышей пшеницы.

Таким образом, продолжительность термической обработки влияет на аромат муки зародышей пшеницы. Из полученных результатов «визуальных отпечатков» муки зародышей пшеницы различной степени обжарки, установлено оптимальное время термической обработки, при котором формируется «ореховый» аромат, которое составляет от 6,5 до 10,5 мин при температуре 150 °С.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Родионова Н.С., Алексеева Т.В., Попова Н.Н. Разработка растительной комплексной пищевой системы на основе продуктов переработки зародышей пшеницы сбалансированного жирнокислотного состава // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 11. С. 1594-1597.
- 2 Кучменко Т.А. Химические сенсоры на основе пьезокварцевых микровесов. В монографии Проблемы аналитической химии. 2011. Т. 14. С. 127-202.
- 3 Скурихин И.М. Химический состав российских пищевых продуктов. М.: ДеЛи принт, 2002. 236 с.
- 4 Lange U., Roznyatovsraya N.V., Mirsky V.M. Conducting polymers in chemical sensors and arrays // *Analytica Chimica Acta*. 2010. V. 614. P. 1-26.
- 5 Beuchat L. R. Functional and electroforetic characteristics of succinylated peanut flour proteins // *J. Agric Food Chem.* 2010. № 46. P. 71-75.

REFERENCES

- 1 Rodionova N.S., Alekseeva T.V., Popova N.N. Development of vegetable complex food system on the basis of products of processing of germs of wheat of the balanced fat acid structure. *Fundamental'nye issledovaniya*. [Basic researches], 2013, no. 11, pp. 1594-1597. (In Russ.).
- 2 Kuchmenko T.A. Chemical sensors on a basis the pyezokvartsevykh of microscopes. *Problemy analiticheskoi khimii*. [In the monograph of the Problem of analytical chemistry], 2011, vol. 14, pp. 127-202. (In Russ.).
- 3 Skurikhin I.M. Khimicheskii sostav rossiiskikh pishchvykh produktov [Chemical composition of the Russian foodstuff]. Moscow, Deli print, 2002. 236 p. (In Russ.).
- 4 Lange U., Roznyatovsraya N.V., Mirsky V.M. Conducting polymers in chemical sensors and arrays. *Analytica Chimica Acta*, 2010, vol. 614, pp. 1-26.
- 5 Beuchat L. R. Functional and electroforetic characteristics of succinylated peanut flour proteins. *J. Agric Food Chem.*, 2010, no. 46, pp. 71-75.

Профессор Г.О. Магомедов, доцент С.И. Лукина,
докторант М.К. Садыгова, студент А.А. Вавилова
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии хлебопекарного, кондитерского,
макаронного и зерноперерабатывающего производств. тел. (473) 255-38-51

Professor G.O. Magomedov, assistant Professor S.I. Lukina,
doctoral M.K. Sadygova, student A.A. Vavilova
(Voronezh state university of engineering technology) Department of technology of bakery,
confectionery, pasta and grain industries. phone (473) 255-38-51

Влияние рецептурных компонентов на показатели качества сбивного теста и хлеба из муки цельносмолотых семян нута

The influence of recipe components on quality parameters of aerated dough and wholegrain bread from chickpea seeds

Реферат. В статье представлены результаты исследования по влиянию соли поваренной пищевой, яблочного сока и кислоты лимонной на показатели качества сбивного теста и хлеба, приготовленного механическим способом разрыхления. Для приготовления теста использована мука из цельносмолотых семян нута. Дозировка соли взята в интервале от 1 до 3 %, яблочного сока – от 5 до 25 %, кислоты лимонной – от 0,05 до 0,2 % к массе муки. Выявлен механизм действия рецептурных компонентов на протекание процесса пенообразования при сбивании полуфабрикатов из нутовой муки. Увеличение их дозировки приводит к повышению активной кислотности теста и приближает рН белка к изоэлектрической точке. Это способствует повышению пенообразующей способности белковых веществ в процессе сбивания полуфабрикатов. Установлено, что максимальная пенообразующая способность полуфабрикатов достигается при рН 5,5. При этом наблюдается уменьшение объемной массы теста и увеличение удельного объема выпеченного изделия. Рекомендовано рациональное содержание компонентов в рецептуре хлеба: соли поваренной пищевой – 1,5 %, яблочного сока – 5,0 % и кислоты лимонной – 0,1 % к массе муки. Полученные данные положены в основу разработки технологии сбивного хлеба «Атрей» повышенной пищевой и биологической ценности. Степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека 100 г изделия составляет, %: в белке – 17, пищевых волокнах – 39, магнии – 21, фосфоре – 28, железе – 30, калии, тиамине и рибофлавине – 18. Изделие рекомендовано для массового потребления с целью обогащения пищевого рациона белком, пищевыми волокнами, минеральными веществами и витаминами.

Summary. The article presents the results of studying the effect of using table salt, apple juice and citric acid on quality parameters of aerated dough and bread prepared by mechanical leavening. The wholegrain flour from chickpea seeds has been used to prepare dough. The amount of salt is in the range from 1 to 3 %, apple juice - from 5 to 25%, citric acid - 0.05 to 0.2 % over the weight of the flour. The working mechanism of recipe components on the process of foaming while kneading of the semi-finished products of chickpea flour has been identified. The increase of their amount leads to increase of active acidity of the test and brings the protein pH to isoelectric point. Thus increasing the foaming capacity of the albuminous substances while kneading the semis. It has been founded that the maximum foaming capacity of the semis is achieved at pH 5.5. At the same time a decrease in the bulk density of the dough and the increase in specific volume of the baked product. In this case, the samples are characterized by lower bulk density (0.32 g / cm³), and maximum specific volume of finished product (365 cm³ / 100 g). The reasonable amount of components in the bread recipe: table salt - 1.5 %, apple juice - 5.0 %, citric acid - 0.1 % over weight of flour has been recommended. The data obtained form the basis for the development of technology of aerated bread "Atreus" with higher nutritional and biological value. The degree of satisfaction of adult daily need of 100 g of the product is, %: protein - 17, dietary fiber - 39, magnesium - 21, phosphorus - 28, iron - 30, potassium, thiamine and riboflavin - 18. The product is recommended for mass consumption in order to enrich dietary intake with protein, dietary fiber, minerals and vitamins.

Ключевые слова: мука из цельносмолотых семян нута, сбивное тесто, хлеб, показатели качества

Keywords: wholegrain flour from chickpea seeds, aerated dough, bread, quality characteristics

В рамках приоритетных направлений государственной политики в области здорового питания населения основной задачей хлебопекарной промышленности сегодня является создание инновационных и ресурсосберегающих технологий пищевых продуктов функционального назначения. Выпуск новых изделий должен быть ориентирован на

предотвращение развития целого ряда заболеваний, связанных с питанием. Актуальными являются исследования, направленные на получение и использование продуктов переработки зерновых и зернобобовых культур в технологии хлебобулочных изделий [3-6].

© Магомедов Г.О., Лукина С.И.,
Садыгова М.К., Вавилова А.А., 2015

Мука из цельносмолотых семян нута, полученная дезинтеграционно-волновым способом измельчения, характеризуется повышенной пищевой ценностью по содержанию полноценного растительного белка, полиненасыщенных жирных кислот, пищевых волокон, минеральных веществ и витаминов [1]. Нами доказана целесообразность ее применения в технологии сбивных хлебобулочных изделий, способ производства которых основан на механическом способе разрыхления теста при подаче избыточного давления воздуха [2]. Для улучшения качества хлеба из муки цельносмолотых семян нута необходимо дополнительное внесение рецептурных ингредиентов, оказывающих влияние на формирование структуры полуфабрикатов, вкуса и запаха выпеченных изделий.

Целью работы явилось исследование влияния соли поваренной пищевой и кислото-содержащих веществ на показатели качества

сбивного теста и хлеба из муки цельносмолотых семян нута.

Получение опытных образцов осуществляли на экспериментальной сбивальной установке механическим способом разрыхления смеси рецептурных компонентов под давлением сжатого воздуха $0,50 \pm 0,02$ МПа [2]. В полуфабрикатах после сбивания определяли активную кислотность и объемную массу. Выпеченные изделия анализировали по органолептическим показателям и удельному объему.

Исследовали влияние дозировки соли поваренной пищевой от 1 до 3 % к массе муки на свойства теста, приготовленного влажностью 50 % из муки цельносмолотых семян нута и воды питьевой. Результаты исследования показателей качества сбивных полуфабрикатов и выпеченных изделий с внесением различных дозировок соли приведены в таблице 1.

Таблица 1

Влияние дозировки соли поваренной пищевой на показатели качества теста и изделий

Наименование показателей	Значение показателей при дозировке соли поваренной пищевой, % к массе муки				
	0	1,0	1,5	2,0	3,0
Активная кислотность теста, ед. рН	6,10	5,97	5,88	5,80	5,70
Объемная масса теста, г/см ³	0,42	0,40	0,39	0,38	0,35
Удельный объем хлеба, см ³ /100 г	288	300	306	312	325

Известно, что поваренная соль оказывает влияние на способность к набуханию и на растворимость составных частей муки. Гидратационная способность глиадиновой и глобулиновой фракции снижается, растворимость альбуминов и глобулинов увеличивается с ростом концентрации добавляемого электролита. Механизм электролитической диссоциации NaCl при растворении поваренной соли в воде состоит в последовательном отщеплении ионов натрия и хлора полярными молекулами воды. Вслед за переходом ионов Na⁺ и Cl⁻ из кристалла в раствор происходит образование гидратов этих ионов, которые прочно связываются в образующихся сольватных оболочках белка и тем самым препятствуют электростатическому взаимодействию боковых групп белка между собой.

Установлено, что объемная масса теста с внесением соли поваренной пищевой до 3 % к массе муки снижалась на 5-17 %. Увеличение дозировки соли приводило к смещению рН теста в кислую область. Это способствовало повышению пенообразующей способности белковых веществ при сбивании полуфабрикатов. Видимо, это связано с наибольшим приближением рН белка к изоэлектрической точке. В ней белки имеют нейтральный заряд, равный нулю, при этом частицы не способны отталкиваться за

счет электростатических взаимодействий с молекулами растворителя. В таком состоянии белки имеют наименьшую вязкость и наибольшую пенообразующую способность. Изоэлектрическая точка для водорастворимых белков достигается при рН 5,1-5,5 [4].

В ходе эксперимента установлено, что в сбивных полуфабрикатах на основе муки из цельносмолотых семян нута активная кислотность не достигала рекомендованных значений, а лишь приближалась к ним.

Данные, полученные при сбивании полуфабрикатов, подтверждались значениями по удельному объему выпеченного хлеба, который увеличился на 4-13 % при внесении соли в дозировке до 3 % к массе муки. Однако по органолептическим показателям образцы с внесением соли более 2 % характеризовались выраженным соленым привкусом. Таким образом, на основании проведенных исследований рекомендуемая дозировка соли в рецептуре хлеба составила – 1,5 % к массе муки.

Для достижения изоэлектрической точки и подавления избыточной ионизации кислотных групп в сбивной полуфабрикат добавляли кислотосодержащих вещества. В данном случае перспективно применение концентрированного яблочного сока и лимонной кислоты.

Концентрированный яблочный сок содержит до 30 % сухих веществ, в состав которых входят витамины, макро- и микроэлементы, аминокислоты, пектиновые вещества, органические кислоты. Из последних присутствуют яблочная, лимонная, винная, хлорогеновая и урсоловая; из летучих жирных кислот – уксусная, пропионовая, изомасляная и валеиановая. Органические кислоты в сочетании с сахарами и дубильными веществами придают соку специфический сладко-кислый вкус.

Исследовали влияние дозировки яблочного сока от 5 до 30 % к массе муки на показатели качества сбивного теста, приготовленного с внесением 1,5 % соли поваренной пищевой. Выявлено (таблица 2), что применение яблочного со-

ка до 25 % в сбивном полуфабрикате способствовало значительному смещению значений pH в область кислой среды. Причем наиболее благоприятные условия для протекания процесса пенообразования были созданы при внесении сока в дозировках 15 и 20 %, при которых значения pH приближались к оптимальным, наблюдалось снижение объемной массы полуфабриката на 5 и 21 % и увеличение удельного объема хлеба на 6 и 19 % соответственно. Добавление яблочного сока оказывало положительное влияние на органолептические показатели качества выпеченного изделия, улучшая его вкус и аромат. Однако с содержанием сока более 15 % хлебобулочные изделия характеризовались выраженным кисловатым яблочным привкусом.

Таблица 2

Влияние дозировки сока яблочного концентрированного на показатели качества теста и изделий

Наименование показателей	Значение показателей при дозировке сока яблочного концентрированного, % к массе муки					
	0	5	10	15	20	25
Активная кислотность теста, ед. pH	5,88	5,74	5,58	5,39	5,22	5,13
Объемная масса теста, г/см ³	0,39	0,37	0,35	0,33	0,31	0,31
Удельный объем хлеба, см ³ /100 г	306	325	338	350	364	366

Дальнейшие исследования были направлены на изучение совместного использования яблочного сока и лимонной кислоты. Тесто готовили с внесением 5 % яблочного сока и 0,05-0,20 % лимонной кислоты.

Добавление лимонной кислоты в тесто, как и яблочного сока, сопровождается увеличением положительно заряженных молекул вследствие подавления диссоциации карбоксильных (-COOH) групп, создающих отрицательный заряд. Полученные данные (таблица 3) позволяют утверждать, что при дополнительном внесении кислоты в дозировке 0,1 % было достигнуто со-

стояние водорастворимых белков, соответствующее изоэлектрической точке.

Установлено, что наибольшая пенообразующая способность полуфабриката при совместном применении кислотосодержащих веществ достигалась при pH 5,5.

В результате проведенных исследований было выявлено рациональное содержание рецептурных компонентов для наилучшего протекания процесса пенообразования в сбивных полуфабрикатах на основе муки из цельнозерновых семян нута: соли поваренной пищевой – 1,5 %, яблочного сока – 5 % и кислоты лимонной – 0,1 % к массе муки.

Таблица 3

Влияние дозировки кислоты лимонной на показатели качества теста и изделий

Наименование показателей	Значение показателей при дозировке кислоты лимонной, % к массе муки				
	0	0,05	0,10	0,15	0,20
Активная кислотность теста, ед. pH	5,74	5,55	5,50	5,45	5,40
Объемная масса теста, г/см ³	0,37	0,35	0,32	0,34	0,36
Удельный объем хлеба, см ³ /100 г	325	340	365	345	328

Полученные результаты легли в основу разработки технологии хлебобулочного изделия «Атрей», характеризующегося повышенной пищевой и биологической ценностью. Степень удовлетворения суточной потребности взрослого человека 100 г изделия составляет, %:

в белке – 17, пищевых волокнах – 39, магнии – 21, фосфоре – 28, железе – 30, калии, тиамине и рибофлавине – 18. Изделие рекомендовано для массового потребления с целью обогащения пищевого рациона белком, пищевыми волокнами и микронутриентами.

ЛИТЕРАТУРА

1 Магомедов Г.О. и др. Влияние дезинтеграционно-волнового помола на фракционный и аминокислотный состав белков нута // Вестник ВГУИТ. 2013. № 1. С. 94-97.

2 Магомедов Г.О., Садыгова М.К., Лукина С.И. Нут Саратовской селекции в технологии хлебобулочных и мучных кондитерских изделий. Воронеж: ВГУИТ, 2015. 176 с.

3 Пономарева Е.И., Алехина Н.Н., Бакаева И.А. Влияние продуктов переработки зародышей пшеницы на показатели качества зернового хлеба // Вестник ВГУИТ. 2014. № 3. С. 106-109.

4 Пономарева Е.И. Научные и практические основы технологии хлебобулочных изделий функционального назначения с использованием сбивных полуфабрикатов: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.18.01. Воронеж: ВГУИТ, 2009. 50 с.

5 Dobraszczyz B.J., Morgenstem M.P. Rheology and the bread-making process // J. Cereal Sci. 2005. V. 42. P. 229-245.

6 Mantzourani I., Plessas S., Saxami G. Study of kefir grains application in sourdough bread regarding rope spoilage caused by *Bacillus spp* // Food Chemistry. 2014. V. 143. P. 17-21.

REFERENCES

1 Magomedov G.O., Sadygova M.K., Lukina S.I., Kustov V.Yu. Vliyanie dezintegratsionno-volnovogo pomola na fraktsionnyi i aminokislotnyi sostav belkov nuta. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2013, no.1, pp. 94-97. (In Russ.).

2 Magomedov G.O., Sadygova M.K., Lukina S.I. Nut Saratovskoi seleksii v tekhnologii khlebobulochnykh i muchnykh konditerskikh izdelii [Nut selection in Saratov technology bakery and farinaceous confectionery products]. *Voronezh, VGUIT*, 2015. 176 p. (In Russ.).

3 Ponomareva E.I., Alekhina N.N., Bakaeva I.A. Vliyanie produktov pererabotki zarodyshei pshenitsy na pokazateli kachestva zernovogo khleba. *Vestnik VGUIT*. [Proceedings of the Voronezh State University of Engineering Technologies], 2014, no. 3, pp. 106-109. (In Russ.).

4 Ponomareva E.I. Nauchnye i prakticheskie osnovy tekhnologii khlebobulochnykh izdelii funktsional'nogo naznacheniya s ispol'zovaniem sbivnykh polufabrikatov. Aftoref. dis. dokt. tekhn. nauk [Scientific and practical bases of technology of a bakery goods of a functional destination with whipped semis. Dr. tech. sci. diss.]. *Voronezh*, 2009. 50 p. (In Russ.).

5 Dobraszczyz B.J., Morgenstem M.P. Rheology and the bread-making process. *J. Cereal Sci.*, 2005, vol. 42, pp. 229-245.

6 Mantzourani I., Plessas S., Saxami G. Study of kefir grains application in sourdough bread regarding rope spoilage caused by *Bacillus spp*. *Food Chemistry*, 2014, vol. 143, pp. 17-21.

УДК 664.66.022.39

Старший преподаватель И.В. Сергиенко

(Мичуринский государственный аграрный университет) кафедра технологии продуктов питания. тел. (47545) 5-24-59

ведущий инженер А.Е. Куцова

(Воронеж. гос. университет инженерных технологий)
отдел интеллектуальной собственности

менеджер по стратегическим разработкам С.В. Куцов

(Воронеж. гос. университет инженерных технологий)
Управление анализа и стратегии развития университета

Senior lecturer I.V. Sergienko

(Michurinsk state agrarian university) Department of food technology.
phone (47545) 5-24-59

leading engineer A.E. Kutsova

(Voronezh state university of engineering technology)
Department of intellectual property

manager for strategic development S.V. Kutsov

(Voronezh. State. University of Engineering Technology)
Management of the analysis and development strategy of the University

Инновационно-технологические решения в создании функциональных продуктов питания

Innovative technological solutions in creating functional products power

Реферат. В статье уделено внимание проблеме создания функциональных продуктов для потребителей, испытывающих потребность в белках, незаменимых аминокислотах, витаминах, минеральных веществ, пищевых волокнах, полиненасыщенных жирных кислотах. Одним из возможных путей улучшения структуры питания населения страны является использование при производстве хлебобулочных изделий нетрадиционных для технологии хлеба культур, содержащих значительное количество волокнистых веществ, легкоусвояемого белка, витаминов, ненасыщенных жирных кислот и минеральных веществ. С учетом требований нутрициологии обоснована целесообразность комплексного внесения в рецептурный состав хлебобулочных изделий наиболее содержательных по функциональным составляющим ингредиентов: текстурированной соевой муки, муки овсяной, семян кунжута, сухой пшеничной клейковины. Замена пшеничной муки первого сорта на предложенную рецептурную композицию позволяет замедлить черствение, увеличить сроки хранения готовых изделий и улучшить их физико-химические показатели по удельному объему и пористости. Хлебобулочные изделия «Святогор» при употреблении 100 г продукта позволяют покрыть суточную потребность в белке на 38,9 %, углеводах – на 3,4 %, жире – на 9,2 %. Энергетическая ценность изделий «Святогор» 897 кДж, в контроле 959. Биологическая ценность, % - 82,7 против 53,1 в контроле. За счет этого переваримость белка хлеба (метод *in vitro*) в хлебе «Святогор» выше. Благодаря уникальным свойствам компонентов, входящих в рецептуру, хлеб «Святогор» приобретает функциональные свойства за счет увеличения доли полноценного белка и лучшей его усвояемости (*in vitro*), усовершенствованного состава по содержанию витаминов, минеральных веществ, их сбалансированному составу и может быть рекомендован для массового потребления и профилактики остеопороза, атеросклероза, анемии, для питания детей, беременных и кормящих женщин.

Summary. The article deals with a problem of functional products creation for consumers feeling need in proteins, irreplaceable amino acids, vitamins, mineral substances, food fibers, polynonsaturated fat acids. One of the possible ways to improve human nutrition is using non-traditional cultures for bread making technology containing significant amounts of fibrous substances, easily digestible protein, vitamins, unsaturated fatty acids and minerals. Taking into account the Nutrition Science requirements an expediency of the most full functional ingredients complex entering into bakery products prescription structure is proved. Replacement of the first grade wheat flour by the offered prescription composition allows to slow down a bread aging, to increase periods of products storage and to improve their physical and chemical indicators on the specific volume and porosity. The bakery products "Svyatogor" at the use of 100 g of a product allow to cover daily need in protein for 38,9%, in carbohydrates – for 3,4%, fat – for 9,2%. The power value of "Svyatogor" is 897 kJ, in control 959. Biological value, % - 82,7 against 53,1 in control. Thanks to it the digestibility of bread protein (*in vitro* method) of "Svyatogor" is higher. Thanks to unique properties of the compounding components "Svyatogor" gets functional properties by full-fledged protein increasing and its best comprehensibility (*in vitro*), advanced structure according to the content of vitamins, mineral substances, their balanced structure and can be recommended for mass consumption and prevention of osteoporosis, atherosclerosis, anemia, for children food, pregnant women and the feeding women.

Ключевые слова: инновационные технологии, функциональные хлебобулочные изделия, соевая текстурированная мука, овсяная мука, семена кунжута, рецептурная композиция.

Keywords: innovative technology, functional bakery, textured soy flour, oat flour, sesame seeds, prescription composition.

© Сергиенко И.В., Куцова А.Е., Куцов С.В., 2015

Состояние здоровья населения, по данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), имеет тенденцию к ухудшению и характеризуется увеличением числа лиц, страдающих различными заболеваниями.

Проблема полноценной и здоровой пищи всегда была одной из самых важных для человечества. В условиях сложной экологической и социально-экономической ситуации качество питания ухудшается, в связи с чем приобретают актуальность разработка и внедрение в производство функциональных пищевых продуктов, которые содержат ингредиенты, повышающие сопротивляемость заболеваниям, способные регулировать физиологические процессы в организме человека, позволяя ему долгое время сохранять активный образ жизни.

В мировом масштабе идет постоянная работа по созданию новых продуктов функционального питания, обладающих как широким спектром применения, так и узкой направленностью на конкретный орган, систему, заболевание [4, 3].

В Российской Федерации проблеме повышения пищевой ценности хлебобулочных изделий посвящены работы: Л.Я. Ауэрмана, В.И. Дробот, Л.И. Карнаушенко, В.Н. Ковбасы, С.Я. Корячкиной, Г.О. Магомедова, И.В. Матвеевой, Л.П. Пашенко, Р.Д. Поландовой, Л.И. Пучковой, Т.Б. Цыгановой, В.Г. Юрчак и др. [3, 5, 6].

В наибольшей степени требованиям адекватного питания отвечают многокомпонентные продукты на основе сырья растительного происхождения [4, 3, 7].

Нами с учетом предъявляемых требований к функциональным продуктам для разработки рецептуры хлебобулочных изделий улучшенного состава выбраны следующие ингредиенты: текстурированная соевая мука, мука овсяная, семена кунжута, сухая пшеничная клейковина.

Соевая текстурированная мука отличается повышенным содержанием белка, Са, Mg, P, Fe и витаминов. Овсяная мука является носителем клетчатки, β -глюкана, Са, Mg; семена кунжута богаты ненасыщенными жирными кислотами ω -3 и ω -6, содержат в своем составе сезамол; сухая пшеничная клейковина – белковая добавка, позволяет создать стабильную пространственную структуру теста, регулировать его реологические свойства [1, 7; 3].

На основе вышеупомянутых ингредиентов нами предложена рецептурная композиция хлеба, представляющая собой многокомпонентную смесь, каждый компонент которой участвует в образовании гидратированной связной массы теста. В смеси отсутствует пшеничная мука, поэтому при гидратации значительные объемы влаги поглощаются белками

ми текстурированной соевой муки и овсяной. Гидратация обуславливает увеличение их объема, но в результате сил адгезии образование непрерывной структуры теста не происходит. Этот эффект, обусловленный сеткой тонких пленок клейковины, из-за отсутствия пшеничной муки не наблюдается. Поэтому в рецептуру включена пшеничная клейковина.

В результате моделирования аминокислотного состава получили композицию, состоящую из компонентов в соотношении: соевая текстурированная мука: овсяная мука: сухая пшеничная клейковина: семена кунжута молотые – 25:30:30:15 и ферментный препарат «Нейтраз» 1,5 MG. Массовую долю сухой клейковины ограничили на нижнем уровне – 30 %, т.к. меньшее ее количество не обеспечивает получения качественной продукции.

Биологическая ценность этой смеси – 87,3 % (муки пшеничной I сорта – 43,5 %). Скор по лизину достигает 95,3 %. Рекомендованное институтом питания РАМН соотношение Са:Р:Mg = 1,0:1,5:0,5. При полученной композиции рецептурных компонентов – это соотношение достигается. В хлебобулочных изделиях Са:Р составляет 1:5. При содержании фосфора, превышающем уровень Са более, чем в два раза, образуются растворимые соли, которые извлекаются кровью из костной ткани. В пшеничной муке I сорта соотношение Са: Р: Mg = 1: 4,8: 7,8. Состав и скор аминокислот в смеси свидетельствуют о ее полноценном сбалансированном аминокислотном составе. Массовая доля белка повышается на 43 %, крахмала – снижается на 32,5 %, железа и цинка – увеличивается в 4 раза.

Эффективность внедрения композитных смесей в хлебопекарную промышленность зависит от выбора критериев оценки их качества. Композитные смеси и составляющие их компоненты в сухом состоянии являются сыпучими продуктами. Для оценки их качества может быть использован гранулометрический анализ, который основан на изучении состава исследуемого сыпучего продукта. Гранулометрический состав сыпучего продукта показывает содержание в нем частиц различного размера, выраженное в процентах от массы или общего числа частиц исследуемой пробы.

При проведении анализа применяли гранулометр ГИУ-1, разработанный в МГТУ им. Баумана совместно с кафедрами технологии хранения и переработки зерна и технологии хлебопекарного производства МГУПП.

Целью изучения гранулометрического состава являлась возможность дальнейшего проведения оценки технологических свойств (сыпучесть, слеживаемость при хранении, точ-

ность дозирования в технологическом процессе и способность к образованию однородной массы при замесе) композитной смеси, состоящей из соевой текстурированной, овсяной и кунжутной муки, сухой пшеничной клейковины.

Смесь наносили на поверхность предметного стекла микроскопа путем однократного встряхивания щетки, обладающей достаточной жесткостью. За критерий правильности распыления было принято отсутствие слипания частиц на предметном стекле. Подготовленный препарат помещали на предметный столик микроскопа. С помощью программ FLOUR V.1.0. определяли гранулометрический состав исследуемой рецептурной композиции [3, 6].

Математическую обработку полученных данных проводили с применением методов математической статистики. Для исследуемого сыпучего продукта, исходя из восьми повторностей результатов измерений, рассчитывали средние значения процентного содержания частиц в каждом интервале. Совокупность средних значений составила выборку результатов измерений, характеризующую гранулометрический состав (таблица 1).

Т а б л и ц а 1
Содержание частиц различного размера в рецептурной композиции

№ фракции	Нижняя граница размера частиц фракции, мм	Содержание частиц, % от общего количества
1	0,020	0,00
2	0,040	81,39
3	0,060	10,56
4	0,080	4,7
5	0,100	2,00
6	0,120	0,40
7	0,140	0,14
8	0,160	0,20
9	0,180	0,13
10	0,200	0,09
11	0,220	0,05
12	0,240	0,03
13	0,260	0,01

Графическое представление содержания частиц различного размера в композитной смеси представлено на рисунке 1.

В результате определения гранулометрического состава рецептурной композиции, а также ее отдельных компонентов установлено, что размеры частиц исследуемых сыпучих пищевых продуктов находились в интервале от 0,020 до 0,260 мм. Среднее процентное содержание частиц было максимальным в интервале от 0,020 до 0,040 мм и составляло 81,39 %. Медиана имела значение 0,100 мм, коэффициент вариации – (0,1855), коэффициент асимметрии – (-0,8767), коэффициент эксцесса – (-0,1822).

На основе смеси разработана рецептура хлеба «Святогор». За контроль взят хлеб белый из пшеничной муки I сорта. Различия в рецептуре контроля и опыта состоят в расходе дрожжей – 2 и 3 % соответственно; влажности теста – 47,0 % против 44,5 в контроле. Тесто для опытной пробы готовили в две стадии, созревание его длилось 120 мин, против 180 мин – в контроле. На первой стадии смешивали в тестомесильной машине овсяную муку, соевую текстурированную муку, семена кунжута (молотые), ферментный препарат «Нейтраз» 1,5 MG, дрожжевую суспензию и воду. Препарат «Нейтраз» 1,5 MG частично разрушал конгломераты белковых молекул, создавая условия для взаимодействия белков соевой текстурированной муки и белков сухой пшеничной клейковины.

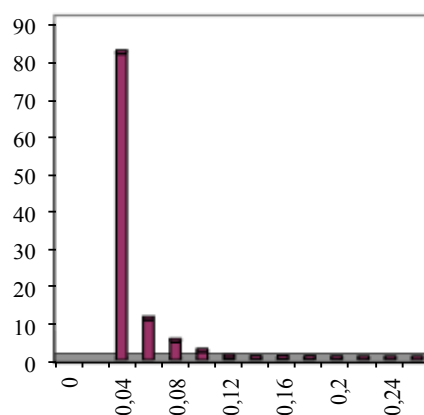


Рисунок 1. Графическое представление содержания частиц различного размера в композитной смеси

После ферментативного гидролиза (30 мин) при температуре 30 - 32 °С добавляли клейковину, солевой раствор, воду, обеспечивая влажность теста 47,0 %. Предварительная ферментация на первой стадии приготовления теста ускоряет его созревание.

Этот эффект связан с соевой текстурированной мукой, содержащей значительную долю водорастворимых белковых веществ, и с овсяной мукой, имеющей в своем составе слизи, способные образовывать высоковязкий коллоидный раствор. Адгезионная прочность опытной пробы ниже на 15 % за счет более высокой вязкости теста. Это обеспечивает разделку теста и снижает его потери на адгезию.

Хлеб «Святогор» отличался более выраженной окраской корки, вкусом, ароматом, тонкостенной и равномерной пористостью; по физико-химическим показателям был лучше по пористости (на 10 %), удельному объему (на 10,8 %). Судя по данным удельной набухаемости мякиша и его крошковатости срок хранения хлеба «Святогор» увеличивался до 7 - 8 суток.

При ферментации дрожжевые клетки обогащаются усвояемыми аминокислотами. Увели-

чение доли ионов Ca^{++} активирует ряд каталитических центров ферментов дрожжей, и также вносит свой положительный вклад в энергетику процесса. Реологические характеристики опытных проб отличаются улучшенными свойствами: более высокая эффективная вязкость и несколько меньшая скорость сдвига от напряжения сдвига.

Тестирование аромата хлеба «Святогор» с помощью мультисенсорной системы объективно подтверждает свойства разработанной композиции и технологии (рисунок 2).

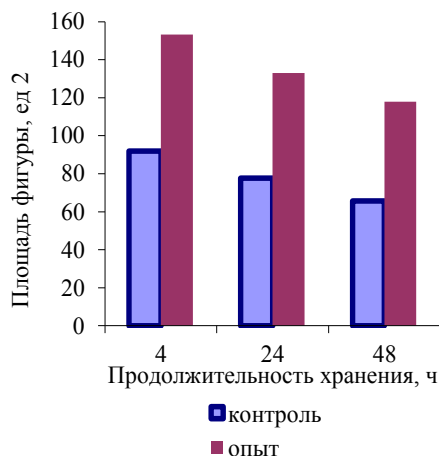


Рисунок 2. Изменение площади визуальных впечатлений матрицы сенсоров

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Пашенко Л.П. Практикум по технологии хлеба, кондитерских и макаронных изделий (технология хлебобулочных изделий). М.: КолосС, 2006. 215 с.
- 2 Пашенко Л.П. Соя: состав, свойства, рациональное применение в АПК. Воронеж, 2007. 200 с.
- 3 Сергиенко И.В. Разработка технологий функциональных хлебобулочных изделий с применением соепродуктов: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2009.
- 4 Юдина С.Б. Технология продуктов функционального питания. М.: ДеЛи принт, 2008. 280 с.
- 5 Sagawa T.I.H., Kato I. Fucoidan as functional foodstuff. Structure and biological potency // Jap. J. Phycol. (Sorui). 2003. V. 51. P. 19-25.
- 6 Saunders R., Becker R. A potential food and feed resource adv. // Cereal sci. and techn. 1998. V. 6. P. 377-381.
- 7 Научная библиотека КиберЛенинка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/novye-hlebobulochnye-izdeliya-funktsionalnogo-naznacheniya#ixzz3SBwtQjFY>.

Хлебобулочные изделия «Святогор» при употреблении 100 г продукта позволяют покрыть суточную потребность в белке на 38,9 %, углеводах – на 3,4 %, жире – на 9,2 %. Энергетическая ценность изделий «Святогор» 897 кДж, в контроле 959. Биологическая ценность, % - 82,7 против 53,1 в контроле. За счет этого переваримость белка хлеба (метод *in vitro*) в хлебе «Святогор» выше.

Благодаря уникальным свойствам компонентов, входящих в рецептуру, хлеб «Святогор» приобретает функциональные свойства за счет увеличения доли полноценного белка и лучшей его усвояемости (*in vitro*), усовершенствованного состава по содержанию витаминов, минеральных веществ, их сбалансированному составу и может быть рекомендован для массового потребления и профилактики остеопороза, атеросклероза, анемии, для питания детей, беременных и кормящих женщин.

Работа экспонировалась на выставках различного уровня и награждена дипломами. По результатам исследований разработан проект нормативно-технической документации на новый вид изделий (ТУ 9114-084-02068108-2007), получен патент Российской Федерации (№ 2362305).

REFERENCES

- 1 Pashchenko L. P. Praktikum po tekhnologii khleba [Workshop on the bread making technology, confectionery and macaroni products (baked goods)]. Moscow, Koloss, 2006. 215 p. (In Russ.).
- 2 Pashchenko L.P. Soya: sostav, svoistva, primeneniye [Soya: composition, properties, rational use in agriculture]. Voronezh, 2007. 200 p. (In Russ.).
- 3 Sergienko I. V. Razrabotka tekhnologii funktsional'nykh khlebobulochnykh izdelii [Functional bakery products development on the base of soya. Abstr. dis. cand. tech. sci.]. Voronezh, 2009. (In Russ.).
- 4 Yudina S.B. Tekhnologiya produktov funktsional'nogo pitaniya [Technology of functional food products]. Moscow, Deli print, 2008. 280 Sp. (In Russ.).
- 5 Sagawa T.I.H. Fucoidan as functional foodstuff. Structure and biological potency / T.I.H. Sagawa, I. Kato // Jap. J. Phycol. (Sorui). 2003. Vol. 51. P. 19-25.
- 6 Saunders R., Becker R. A potential food and feed resource Adv. in Cereal sci. and techn. 1998. -Vol. 6. -P. 377-381.
- 7 Scientific library KiberLeninka. Available at: <http://cyberleninka.ru/article/n/novye-hlebobulochnye-izdeliya-funktsionalnogo-naznacheniya#ixzz3SBwtQjFY>. (In Russ.).

Аспирант Т.А. Дон, заведующая лабораторией А.Г. Миргородская, заместитель директора Е.В. Гнучих

(Краснодар, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий») тел. (861)257-13-48)

E-mail: tabak.technolog@rambler.ru

Graduate T.A. Don, head of the laboratory A.G. Mirgorodskaya, deputy director E.V. Gnuchikh

(Krasnodar, FSSI "All-Russian research institute for tobacco, shag and tobacco product"). phone (861) 257-13-48)

E mail: tabak.technolog@rambler.ru

Управление процессами хранения некурительной табачной продукции (снюс)

Process control storage smokeless tobacco (snus)

Реферат. Важной задачей при хранении некурительного табачного изделия снюс является сохранение его количественных и качественных показателей. Не менее важный фактор - биологическая безопасность продукта в связи с оральным способом потребления. Основные факторы, влияющие на качество при хранении: температура и относительная влажность воздуха, состав воздуха и степень вентиляции, товарное «соседство», тара и упаковка. Изучение процесса хранения снюса – актуальная проблема в связи с увеличением потребления продукта, до настоящего времени, не потребляемого в России и по этой причине практически не изученного. Были поставлены задачи: изучить условия и методы хранения, при которых хранится длительное время без ухудшения качества. Для проведения исследований подготовили образцы с различным ингредиентным составом. Оценку качества проводили по методикам, общепринятым в табачной отрасли и разработанным в лаборатории технологии производства табачных изделий. Хранение проводили в естественных условиях и при пониженной температуре воздуха. В результате хранения в естественных условиях температуры и относительной влажности воздуха установлена возможность хранения снюса с добавлением лекарственных трав в течение не более трех месяцев. Снюс с добавлением кофе хранится без ухудшения вкусовых характеристик не более четырех месяцев, а снюс с добавлением меда несколько снизил дегустационную оценку по показателю «обладка», но остался пригодным для потребления. Дегустационная оценка всех образцов снюса при хранении в условиях пониженной температуры осталась неизменной. Установлены оптимальные параметры окружающей среды: в естественных условиях при температуре 17 – 25 °С и относительной влажности воздуха 65 – 75 %; в условиях пониженной температуры 5 °С и относительной влажности воздуха 50 – 60 %. Выявлено, что на продолжительность хранения снюса влияет ингредиентный состав и параметры окружающей среды.

Summary. An important aim during smokeless tobacco product (snus) storage is keeping its quantitative and qualitative properties. Another significant factor is its biological safety due to its oral way of consumption. The main factors affecting quality during storage are: temperature, relative humidity, air composition, ventilation rate, surrounding products and package. Snus consumption is growing, but till present it was slightly spread in Russia and as a result little studied, thus studying process of its storage is an actual question. The aims of the research were: studying terms and methods of storage that provide constant product's quality. Samples with different composition were taken for carrying research. Quality evaluation was carried according to standard for tobacco branch methods and to new methods developed in the laboratory of technologies for manufacturing tobacco products. Products were stored at lowered and room temperatures. It is discovered that snus with herbs added can be stored at room temperature and humidity not more than three months. Snus with coffee added can be stored not more than four months without changing its taste. Adding honey to this product slightly decreases its score by sensory evaluation, but remains it possible for consumption. Sensory testing score after storage at lowered temperature has remained unchanged. Optimal terms of storage were found. For room temperature they are: temperature 17-25 °C, relative air humidity 65 – 75 %, for lowered temperature – 5 °C and relative air humidity 50 -60 %. It was discovered that composition of snus and environmental parameters affect its storage duration.

Ключевые слова: хранение, некурительное табачное изделие снюс, ингредиентный состав, параметры воздуха.

Keywords: storage, snus smokeless tobacco product, ingredient structure, air parameters.

Управление процессами хранения имеют важное экономическое значение, особенно это касается продовольственных товаров, к которым относятся и табачные изделия.

Хранение – важнейший этап технологического процесса превращения свежесобранного табачного растения *Nicotiana* в потребительский продукт табачного производства. При хранении табачных изделий, как и любой другой пищевой продукции, важнейшей задачей является сохранение количественных и каче-

ственных показателей: внешнего вида, цвета, вкуса, консистенции и главное, биологической безопасности при минимальных затратах труда и материальных средств. Для разных видов табачной продукции данная задача решается неодинаково, так как каждый из них нуждается при хранении в определенном режиме, зависящем от его состава, физического состояния и интенсивности, протекающих в них процессов.

© Дон Т.А., Миргородская А.Г., Гнучих Е.В., 2015

К главным факторам, влияющим на изменение качества табачных изделий в процессе хранения, относятся:

- температура и относительная влажность воздуха;
- состав воздуха и степень вентиляции;
- товарное соседство;
- тара и упаковка.

Процессы, происходящие в табачных изделиях при хранении, по своему характеру изменения, могут быть химическими, физическими и биохимическими:

1. Химические - окислительные процессы, происходящие в табачных изделиях, зависят от влажности и температуры окружающего воздуха и могут быть замедлены снижением температурных режимов хранения и использованием специальной упаковки (например, вакуумной), защищающей продукт от действия света и кислорода воздуха.

2. Физические процессы изменяют состояние продукта, влияют на активность биохимических и химических процессов. Основные физические изменения (увлажнение и высыхание) приводят к изменениям массы продукта.

3. Биохимические процессы в продуктах основываются на жизнедеятельности микроорганизмов. Развитие их в табачных изделиях вызывает плесневение - основную опасность при хранении.

На поверхности табачных листьев обнаруживается большое количество микроорганизмов. Углеводы, имеющиеся в составе табака, являются хорошей питательной средой для плесневения. При благоприятных температуре и влажности окружающего воздуха, плесень развивается достаточно быстро и наносит ущерб качеству продукта.

Наиболее распространены на табаке плесени - белые пушистые (мукоры), зеленые (пенициллиумы) и голубые (аспергилы). По характеру отрицательного влияния на табачную продукцию они мало различаются друг от друга. При относительной влажности ниже 85 % плесени развиваться не могут. Относительная влажность - это отношение фактического количества водяных паров в воздухе к тому количеству, которое необходимо для его насыщения при данной температуре.

Однако снижение относительной влажности воздуха до 60 % может вызвать изменение влажности продукции, что отрицательно сказывается на ее потребительских свойствах.

Для сохранения качества табачных изделий нужно поддерживать оптимальную относительную влажность на уровне $70 \pm 5 \%$ [1].

Другим фактором, оказывающим большое влияние на развитие плесеней, является температура. Наиболее благоприятные условия для жизнедеятельности плесеней создаются при температуре 25 – 35 °С. Переход к крайним температурам замедляет и полностью приостанавливает жизненные функции плесеней. Регулируя температуру и влажность воздуха в пределах, ограничивающих жизнедеятельность плесеней, можно создать условия, гарантирующие сохраняемость потребительских свойств готового продукта. Температура хранения должна быть постоянной без резких перепадов, при которых может происходить конденсация влаги на продуктах и, как следствие, их плесневение. Наиболее оптимальной для хранения табачной продукции на складах является температура 17 – 20 °С [2].

Серьезное значение имеет товарное соседство при хранении. Табак гигроскопичен, впитывая влагу из окружающего воздуха, он может впитать посторонние несвойственные ему запахи, что существенно снижает его качество. Поэтому табачную продукцию хранят в изолированных помещениях, исключая соседство с веществами, содержащими много влаги или имеющими сильные запахи (керосин, парфюмерия и т.д.).

Состав воздуха так же влияет на сохраняемость продуктов. Углекислый газ губительно действует на микроорганизмы, не поддерживает процессы окисления, кислород же является сильным окислителем. Изменяя состав воздуха, можно удлинить сроки хранения отдельных товаров. На качество товаров при хранении влияет чистота воздуха, вследствие чего, важное значение имеет вентиляция, необходимая для удаления лишних водяных паров и посторонних запахов.

Немаловажным фактором, предохраняющим табачные изделия от повреждения, являются тара и упаковка. Тара должна быть удобной при транспортировании и хранении; защищать от перепада температуры, света, влажности, посторонних запахов и др., а упаковочные материалы - легкими, не гигроскопичными и экономичными [3].

Хранению табачной продукции уделяется большое внимание. Существует ряд нормативных документов, регламентирующих условия и сроки хранения табачного сырья и курительной продукции: сигарет, папирос, сигар и др. Совершенно иные, гораздо более сложные проблемы возникают при хранении некурительных табачных изделий, в частности снюса, что обусловлено малой изученностью вопроса, качественными особенностями продукта и способом его потребления.

Снюс пришел в Россию из Швеции, его так и называют «шведский снюс». Он представляет собой измельченный пастеризованный табак с различными вкусоароматическими добавками двух видов:

- portion – упакованный в пакетики из пористого водопроницаемого материала;

- loose – насыпной.

Основным преимуществом этого продукта является отсутствие дымообразования при его потреблении. В отличие от курительной продукции, на которую наложен в определенных местах запрет, снюс можно употреблять везде, что предопределило тенденцию распространения снюса во многих странах, в том числе и в России.

В связи с тем, что подобная продукция в России никогда не выпускалась, была поставлена задача – проведение исследований по созданию эффективной технологии изготовления снюса пониженной токсичности с использованием научно обоснованных рецептур и разработке инновационной технологии хранения, позволяющей сохранить полученный продукт в течение определенного срока без ухудшения потребительских свойств.

Учитывая тот факт, что снюс имеет повышенную влажность, необходимо было изучить условия и методы хранения, при которых продукция могла храниться достаточно длительное время без ухудшения потребительских свойств и исключить или минимизировать потери. Под методом хранения подразумевалась совокупность технологических операций, обеспечивающих сохранность продукта путем создания и поддержания заданных условий.

Для проведения исследований по изучению динамики изменения качества и потребительских свойств табачного изделия снюс в зависимости от продолжительности хранения и ингредиентного состава продукта были сформулированы следующие задачи:

- Подготовка образцов снюса с различным ингредиентным составом.

- Создание различных условий хранения продукции в течение установленных сроков.

- Ежедневный контроль параметров воздуха.

- Определение качественных показателей табачной продукции до закладки на хранение и через каждые 10 дней в течение всего срока хранения.

- Выявление оптимальных условий и сроков хранения для каждого вида продукции.

При изготовлении снюса использовали табак Вирджиния, выращенный на опытно-селекционном участке ВНИИТТИ, с добавлением лекарственных растений, разрешенных к ис-

пользованию органами Роспотребнадзора: мята перечная, душица, чабрец, Melissa. В качестве вкусоароматической добавки использовали мед натуральный и кофе натуральный молотый.

В процессе исследовательской работы по созданию инновационной технологии изготовления снюса было экспериментально установлено, что оптимальным является содержание растительной добавки (мята, Melissa, душица, чабрец) в количестве 20%. Доказано, что меньшее количество практически не ощущается, а 30% и более отрицательно влияет на вкус и аромат продукта, появляется неприятное послевкусие. Поэтому на хранение закладывали образцы снюса с содержанием растительной добавки 20%. Оптимальная скорость достижения момента экстракции в полости рта (способность к экстракции) установлена при влажности снюса 30%, поэтому образцы на хранение подготавливали с этой влажностью [4,5].

Изготовление снюса выполнялось следующим образом:

- подбирали табачное сырье однородное по цвету и качеству, не поврежденное болезнями и вредителями, без запаха плесени и других неприятных посторонних запахов, очищенное от нежелательных примесей;

- подсушивали, измельчали и фракционировали по размерам частиц, далее использовали фракцию 1х1 мм для получения однородной массы;

- смешивали табачную массу с солевым раствором и измельченными лекарственными растениями;

- выдерживали при комнатной температуре;

- добавляли регулятор кислотности – натрий углекислый Na_2CO_3 до установления $\text{pH} = 7,8 - 8,2$;

- проводили пастеризацию.

Были изготовлены и заложены на хранение образцы снюса: четыре образца содержали в ингредиентном составе растительную добавку - мяту, Melissa, чабрец или душицу (20 %); два образца - на основе табака с использованием натуральных меда и кофе в качестве вкусоароматической составляющей, а контролем служил образец снюса с табаком без добавок. Влажность образцов доводили до $30 \pm 2\%$.

Тестирование образцов проводилось членами дегустационной комиссии лаборатории технологии производства табачных изделий перед закладкой на хранение и затем через каждые 10 дней.

Контроль параметров окружающего воздуха в процессе хранения осуществляли с помощью гигрометра психрометрического типа ВИТ -1 ежедневно, затем высчитывали усредненные ежемесячные параметры.

Хранение проводили при различных параметрах окружающей среды:

- в естественных условиях при температуре 17 - 25 °С и относительной влажности воздуха 65 - 75%;

- в условиях пониженной температуры 5 °С и относительной влажности воздуха 50 – 60 %.

При проведении исследований использовали современные методы, общепринятые в

табачной отрасли, а также методики дегустационной и органолептической оценки качества некурительных табачных изделий, разработанные в лаборатории технологии производства табачных изделий ФГБНУ ВНИИТТИ [5].

В таблице 1 приведены результаты органолептической оценки образцов снюса при хранении в естественных условиях.

Таблица 1

Зависимость качественных показателей снюса от сроков хранения в естественных условиях

Ингредиентный состав	Срок хранения, месяц							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Снюс с добавлением мяты перечной (20%)	Без изменений			Потемнение цвета			Запах плесени	
Снюс с добавлением душицы (20%)	Без изменений			Потемнение цвета, Запах плесени			Признаки плесневения	
Снюс с добавлением мелисы (20%)	Без изменений			Потемнение цвета			Запах плесени	
Снюс с добавлением чабреца (20%)	Без изменений			Потемнение цвета, Затхлый запах			Плесень	
Снюс с добавлением кофе (30%)	Без изменений			Затхлый запах		Неприятный вкус		Плесень
Снюс с добавлением меда (5 %)	Без изменений						Потемнение цвета	

Дегустационная оценка снюса с добавлением 20% лекарственных трав снижается после трех месяцев хранения в естественных условиях: появляются горечь, жжение, раздражение и к концу срока снюс непригоден к употреблению (рисунок 1).

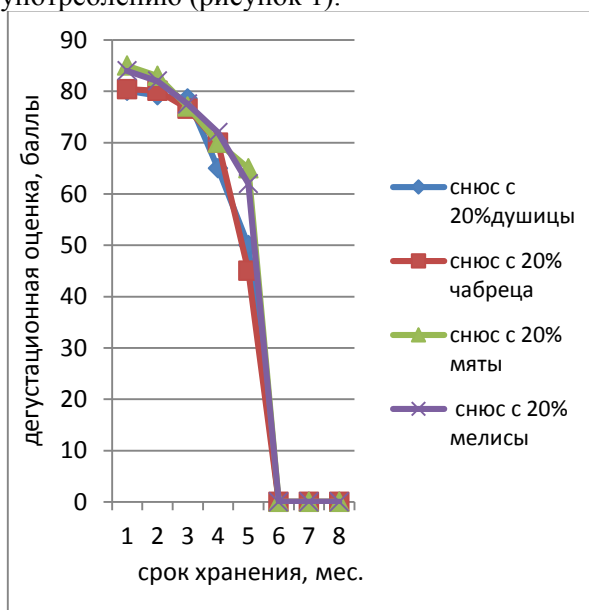


Рисунок 1. Зависимость дегустационной оценки снюса с добавлением лекарственных трав от срока хранения в естественных условиях

Добавление меда придало приятные оттенки во вкусе, к концу восьмого месяца хранения наблюдалось некоторая обкладка, что незначительно снизило общую оценку, но образец не потерял потребительские свойства (рисунок 2).

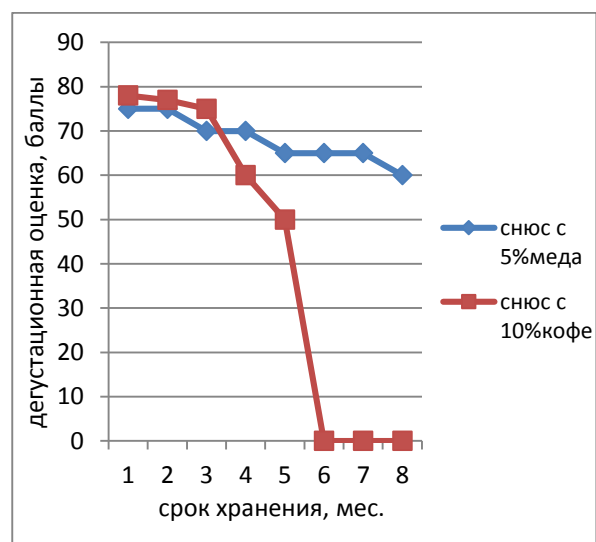


Рисунок 2. Зависимость дегустационной оценки снюса с добавлением вкусоароматических добавок (кофе, мед) от сроков хранения в естественных условиях

Образец с добавлением кофе молотого, в качестве ароматизатора, в первые четыре месяца хранения сохранял высокую дегустационную оценку, но в дальнейшем наблюдалось ухудшение вкуса, появился неприятный запах и к концу восьмого месяца стал непригоден к употреблению (рисунок 2).

В таблице 2 представлены результаты дегустационной оценки образцов снюса при хранении в течение восьми месяцев в условиях пониженной температуры.

Дегустационная оценка образцов снюса при хранении в условиях пониженной температуры

Ингредиентный состав	Дегустационная оценка, балл							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Снюс с добавлением мяты перечной (20%)	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	85,0	84,0	84,0
Снюс с добавлением душицы (20%)	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	79,0	79,0	79,0
Снюс с добавлением мелиссы (20%)	84,0	84,0	84,0	84,0	83,0	83,0	83,0	83,0
Снюс с добавлением чабреца (20%)	80,0	80,0	80,0	80,0	79,0	79,0	79,0	79,0
Снюс с добавлением кофе (30%)	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0	78,0	77,0	77,0
Снюс с добавлением меда (5 %)	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0	75,0

Анализируя результаты, представленные в таблице 2, можно сказать, что дегустационная оценка всех образцов снюса при хранении в условиях пониженной температуры практически неизменна.

В результате проведенных исследований определено:

- оптимальные параметры окружающей среды при хранении в естественных условиях: температура $t = 20 \pm 2$ °C и относительная влажность воздуха $\phi = 70 \pm 5\%$;

- хранение снюса с добавлением лекарственных трав в естественных условиях происходит без изменения в течение трех месяцев, впоследствии образцы обнаруживают признаки плесневения и порчи;

- хранение снюса при пониженных температурах ($t = 5^\circ\text{C}$) в течение восьми месяцев не вызывает изменения качества, образцы пригодны к употреблению;

- образцы снюса с использованием кофе молотого хранятся в естественных условиях без ухудшения потребительских свойств в течение четырех месяцев, дальнейшее хранение нецелесообразно;

- при добавлении в снюс натурального пчелиного меда, образцы хранятся в естественных условиях без особых изменений в течение восьми месяцев и по истечении этого срока вполне пригодны к потреблению.

Таким образом, установлено, что на продолжительность хранения снюса основное влияние оказывают ингредиентный состав и параметры окружающей среды. Размещая на хранение некурительное табачное изделие снюс в условия пониженной температуры, моделируя ингредиентный состав, можно регулировать продолжительность хранения, интенсивность протекающих процессов и качество продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1 Дорохов П.К., Диккер Г.Л., Скиба Г.М. Ферментация и переработка табака. М: Пищевая промышленность, 1968.

2 Технологическая инструкция. Хранение табачного сырья на складах табачных фабрик ТИ 18-9-5-80.

3 Воробьева Л.Н. Технология табака и табачных изделий. Ростов-на-Дону, 2005. 246с.

4 Дон Т.А., Миргородская А.Г., Бедрицкая О.К. Исследование процессов хранения новых видов табачных изделий // Развитие и совершенствование инновационных исследований и разработок для научного обеспечения табачного агропромышленного производства России: Сборник научных трудов ВНИИТТИ. Краснодар, 2012. № 180. С.83 - 89

5 Дон Т.А., Миргородская А.Г., Бедрицкая О.К. Исследование процессов хранения некурительных табачных изделий с различным ингредиентным составом // Закономерности и тенденции развития науки в современном обществе: сборник статей Международной науч.-практ. конф. 29-30 марта 2013. Ч. 1 Уфа: РИЦ БашГУ, 2013. С. 110-112.

REFERENCES

1 Dorokhov P.K., Dicker G.L., Skiba G.M. Fermentatsiya i pererabotka tabaka [Fermentation and processing of tobacco]. Moscow, Pishchevaya promyshlennost', 1968. (In Russ.).

2 TI 18-9-5-80 Khranenie tabachnogo syriya na skladakh [Technological instructions. Storage of raw tobacco warehouses tobacco factories TI 18-9-5-80]. (In Russ.).

3 Vorob'eva L.N. Tekhnologiya tabaka [Technology tobacco]. Rostov-on-Don, 2005. 246 p. (In Russ.).

4 Don T.A., Mirgorodskaya A.G., Bedritskaya O.K. The study of new types of storage processes tobacco. Razvitie i sovershenstvovanie innovatsionnykh issledovaniy i razrabotok dlya nauchnogo obespecheniya tabachnogo agropromyshlennogo proizvodstva Rossii [Development and improvement of innovative research and development to provide scientific tobacco agricultural production Russia: Proceedings of the ARITTP Krasnodar]. 2012, no. 180, pp. 83 - 89. (In Russ.).

5 Don T.A., Mirgorodskaya A.G., Bedritskaya O.K. Investigation of the processes of storage smokeless tobacco products with different composition Ingredient. Zakonomernosti i tendentsii razvitiya nauki v sovremennom obshchestve [Patterns and trends in the development of science in modern society: a collection of articles of the International scientific-practical. conf., march 29-30 2013, Ufa: RIC BSU], 2013, part 1, pp.110-112. (In Russ.).

Доцент Е.В. Белокурова,
магистр М.А. Курова, магистр М.А. Кузнецова
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса.
тел. (473) 255-37-72
Associate Professor E.V. Belokurova,
master M.A. Kurova, master M.A. Kuznetsova
(Voronezh state university of engineering technologies)
Department of service and restaurant business. phone (473) 255-37-72

Рябина черноплодная – рецептурный компонент для булочных изделий

Black chokeberry - prescription component for bakery products

Реферат. В статье содержится информация о новых технологиях булочных изделий с внесением продукта переработки рябины черноплодной. Приводится химический состав вносимого продукта переработки рябины черноплодной. Целью данного исследования является разработка и научное обоснование технологии булочных изделий с улучшенными физико-химическими и органолептическими показателями, за счет внесения рябины черноплодной. Приводится информация об изменениях физико-химических и органолептических показателей теста в процессе брожения в зависимости от количества вносимых добавок, а также изменение комплексных показателей качества готовых изделий. На основании полученных данных произведен подбор оптимальных соотношений внесения продукта переработки рябины черноплодной в рецептуру булочных изделий. На основании органолептической и физико-химической оценки качества готовых изделий, полученных из исследуемых образцов теста, проведена квалиметрическая оценка качества. Сделан вывод о том, что наилучшими из изученных в ходе исследования, являются образцы с внесением продукта переработки рябины черноплодной в количестве 4 % от общего количества муки пшеничной высшего сорта в рецептуре. Разработка булочных изделий с внесением рябины черноплодной позволяет получить изделие с высокими физико-химическими и органолептическими показателями качества, лечебно-профилактической направленностью. Во вкусе и аромате булочного изделия появляются оттенки, свойственные рябине черноплодной.

Summary. Article contains information on new technologies of bakeries of products with introduction of a product of processing of a mountain ash black-fruited. The chemical composition of the brought product of processing of a mountain ash black-fruited is given. An objective of this research is development and scientific justification technology of bakeries of products with the improved physical and chemical and organoleptic indicators, due to introduction of a mountain ash black-fruited. Information on changes of physical and chemical and organoleptic indicators of dough in the course of fermentation depending on quantity of the brought additives, and also change of complex indicators of quality of finished products is provided. On the basis of the obtained data selection of optimum ratios of introduction of a product of processing of a mountain ash black-fruited in a compounding of bakeries of products is made. On the basis of an organoleptic and physical and chemical assessment of quality of the finished products received from the studied dough samples the qualimetrical assessment of quality is carried out. The conclusion that the best of studied during research, are samples with introduction of a product of processing of a mountain ash black-fruited in number of 4% of total of wheat flour of the premium in a compounding is drawn. Development of bakeries of products with introduction of a mountain ash black-fruited allows to receive a product with high physical and chemical and organoleptic quality indicators, a treatment-and-prophylactic orientation. In taste and aroma of a bakery product there are shades peculiar to a mountain ash black-fruited.

Ключевые слова: булочные изделия, рябина черноплодная, физико-химические показатели теста, квалиметрическая оценка комплексных показателей качества.

Keywords: bakeries, black chokeberry, physical and chemical test, qualimetric integrated assessment of quality indicators.

Одно из важных направлений повышения пищевого статуса населения России - создание функциональных продуктов питания. В их число входят хлеб и хлебобулочные изделия повышенной биологической ценности [5].

Эта задача решается в результате оптимизации состава пищевых компонентов разрабатываемых изделий, вследствие обогащения их полифенолами, белками, витаминами, минеральными веществами, пищевыми волокнами и другими функциональными ингредиентами. При этом дополнительные ингредиенты

целесообразно вносить комплексно, используя в качестве их источника растительное или иное биологическое сырье, в котором они присутствуют в высоких концентрациях [4].

Выбор растительного сырья, в частности, рябины черноплодной при производстве булочных изделий связан с особенностями химического состава вносимого рецептурного компонента и воздействия его на организм человека.

Химический состав рябины черноплодной, представлен в таблице 1.

© Белокурова Е.В., Курова М.А., Кузнецова М.А., 2015

Химический состав рябины черноплодной

Химические компоненты	Содержание	Химические компоненты	Содержание
Сухие вещества, % в т.ч.:		В6 (пиридоксин)	0,10
пектиновые вещества	8,70	Е (токоферол)	0,8-2,2
дубильные и красящие вещества	0,69	В9 (фолиевая)	2,0-2,4
не растворимые в воде вещества	8,53	каротины	1,5
сахара	8	Минеральные вещества, мкг:	
сорбит	3,5	йод	6,4-10,0
Витамины, мг:		железо	1,1
С (аскорбиновая кислота)	15,0-60,0	кальций	28
Р (рутин)	5000,0	магний	14
РР (ниацин)	0,46-0,64	натрий	4
В2 (рибофлавин)	0,13	калий	158

Свежие плоды назначают для профилактики Р-витаминной недостаточности, лечения гипертонической болезни I и II стадии и других заболеваний, сопровождающихся повышением артериального давления. Сок аронии черноплодной применяют в начальной стадии гипертонической болезни, при кровотечениях различного происхождения, при атеросклерозе, анацидных гастритах. Плоды аронии принимают при гепатитах, аллергиях, отравлениях. Плоды противопоказаны больным с повышенной свертываемостью крови, а также при язвенной болезни желудка и двенадцатиперстной кишки.

Цель данного исследования - разработать и научно обосновать технологию булочных изделий с улучшенными физико-химическими и органолептическими показателями, за счет внесения рябины черноплодной.

В связи с поставленной целью были определены следующие задачи:

- 1) выбор форм внесения добавки;
- 2) разработка технологии булочных изделий с внесением продукта переработки рябины черноплодной;
- 3) определение органолептических и физико-химических свойств полуфабриката;
- 4) проведение калориметрической оценки качества булочных изделий.

Для использования в технологии булочных изделий ягоды рябины черноплодной необходимо предварительно обработать. Подготовка их к производству (лабораторной выпечке) включает промывание водой, сушку и измельчение. В результате этого получили продукт переработки рябины черноплодной (ППРЧ), который в дальнейшем используется как дополнительный рецептурный компонент для булочных изделий.

Тесто для контрольного образца готовили по классической рецептуре, представленной в таблице 2 [2].

Т а б л и ц а 2

Рецептура «Булки русские круглые»

Наименование сырья	Расход сырья на 100 кг муки, кг
Мука пшеничная высшего сорта	100,0
Сахар	6,0
Соль	1,5
Дрожжи прессованные	1,0
Масло растительное	0,15
Вода	По расчету

Опытные образцы готовили по аналогичной рецептуре с заменой части пшеничной муки высшего сорта ППРЧ в количестве 1, 2, 3, 4 и 5 %

Для определения влияния вносимой дозировки рябины черноплодной на свойства пшеничного теста провели серию лаборатор-

ных исследований физико-химических и органолептических показателей качества полуфабриката [3].

По показателям кислотности теста по сравнению с контролем при добавлении ППРЧ в дозировке 1 и 2 % конечная кислотность теста уменьшилась на 15 и 5 % соответствен-

но, в дозировке 3 % не уступает контролю, в дозировке 4 и 5 % увеличилась на 10 и 5 % соответственно.

По показателю газодерживающей способности теста по сравнению с контролем при добавлении ППРЧ в дозировке 1, 2, 3, 4 и 5 % газодерживающая способность теста увеличилась на 17, 20, 27, 33 и 30 % соответственно.

По показателю подъемной силы теста по сравнению с контролем при добавлении ППРЧ в дозировке 1, 2 и 3 % подъемная сила теста увеличилась на 17, 17 и 8 % соответственно, в дозировке 4 % уменьшилась на 17 %, а в дозировке 5 % не уступает контролю.

По результатам анализа выяснили, что при внесении ППРЧ в количестве 1 и 2 % взамен части муки пшеничной высшего сорта приво-

дит к ухудшению показателей качества, поэтому рационально использовать ППРЧ в дозировке 3-5 %.

Для изделий признанных лучшими была проведена квалитетическая оценка качества, которая предусматривает совокупность органолептических и физико-химических показателей готовых изделий.

Органолептические показатели: определяли с помощью органолептического метода анализа; физико-химические – измерительными методами [1].

Показатели качества булочных изделий, на основании которых проводилась квалитетическая оценка качества, приведены в таблице 3. Комплексные показатели качества изделий по исследуемым свойствам приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 3

Показатели качества булочных изделий

Показатель	Контроль (0 %)	Количество вносимого ППРЧ		
		3 %	4 %	5 %
Органолептические				
Внешний вид, балл	4	4	5	5
Форма, балл	4	4	5	5
Цвет корки, балл	4	5	5	5
Пропеченность, балл	5	5	5	5
Промесс, балл	5	5	5	5
Вкус, балл	4	4	5	5
Запах, балл	4	4	5	4
Физико-химические				
Влажность, %	42,0	45,0	42,0	44,0
Кислотность, град	2,8	2,6	3,0	2,8
Пористость, %	73,0	74,0	76,0	75,0
Удельный объем, см ³ /100 г	320,0	330,0	337,0	335,0

Т а б л и ц а 4

Комплексные показатели качества изделий по исследуемым свойствам

Образец изделия	Значение комплексных показателей качества	
	Органолептических	Физико-химических
Контроль (0 %)	1,0	1,0
Образец 1 (3 % ППРЧ)	1,03	1,05
Образец 2 (4 % ППРЧ)	1,17	1,08
Образец 3 (5 % ППРЧ)	1,13	1,06

Из полученных данных определили обобщенный комплексный показатель качества: для контроля – 1,0; образца 1 – 1,04; образца 2 – 1,13; образца 3 – 1,10.

Таким образом, разработка булочных изделий с внесением рябины черноплодной позволяет получить изделие с высокими физико-

химическими и органолептическими показателями качества, лечебно-профилактической направленностью. Во вкусе и аромате булочного изделия появляются оттенки, свойственные рябине черноплодной. Предложенный способ производства также позволяет интенсифицировать технологический цикл производства.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ауэрман Л.Я. Технология хлебопекарного производства. СПб: Профессия, 2002. 416 с.
- 2 Ершов П.С. Сборник рецептов на хлеб и хлебобулочные изделия. СПб. 191 с.
- 3 Пучкова Л.И. Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства. СПб. : ГИОРД, 2004. 264 с.
- 4 Белокурова Е.В. Зависимость структурно-механических свойств хрустящих хлебцев от дозировки стабилизирующего компонента // Хлебопродукты. 2012 №1.
- 5 Антипова Л.В., Соскова Н.А. Роль технологических процессов в обеспечении биологической безопасности питания. М.: Рос АКО АПК, 2003. 302 с.
- 6 Родионова Н.С., Белокурова Е.В., Северчук А.А. Изучение возможностей использования хмелевого экстракта в технологии тестовых заготовок из пиццы // Вестник ВГУИТ. 2012. №1. С. 96-97.

REFERENCES

- 1 Auerman L.Ya. Tekhnologiya khlebopekarnogo proizvodstva [Technology breadmaking]. Sent-Petersburg, Professiya, 2002 . 416 p. (In Russ.).
- 2 Ershov P.S. Sbornik retseptur na kleb i khlebobulochnye izdeliya [Collection of recipes for bread and bakery products]. Sent Petersburg. 191 p. (In Russ.).
- 3 Puchkova L.I. Laboratornyi praktikum po tekhnologii klebopekarnogo proizvodstva [Laboratory workshop on technology bakery production]. Sent-Petersburg, GIORД, 2004. 264 p. (In Russ.).
- 4 Belokurova E.V. Dependence of structural and mechanical properties of crispbread on the dosage of the stabilizing component. *Khlebo-produkty*. [Bread], 2012, no. 1. (In Russ.).
- 5 Antipova L.V., Soskova N.A. Rol' tekhnologicheskikh protsessov [The role of technological processes to ensure biological safety supply]. Moscow, Ros AkoAPK , 2003. 302 p. (In Russ.).
- 6 Rodionova N.S., Belokurova E.V., Severchuk A.A. Exploring the use of hop extract in the technology of pizza dough. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2012, no. 1, pp. 96-97. (In Russ.).

УДК 664.951

Доцент В.И. Волченко, заведующий кафедрой ТПП В.А. Гроховский,
главный научный сотрудник Ю.Т. Глазунов,

аспирант А.И. Клименко

(Мурманский государственный технический университет) технологий пищевых производств.
тел. (8152) 40-32-26

E-mail: daesher@mail.ru

Associate Professor V.I. Volchenko, head of department V.A. Grokhovskii,
chief researcher Yu.T. Glazunov, post-graduate A.I. Klimentko

(Murmansk State Technical University) Department of technologies of food enterprises.
phone (8152) 40-32-26

E-mail: daesher@mail.ru

Получение изолята из полярной тресочки (сайки) и использование его для изготовления майонеза и мясорыбных сосисок

Obtaining the Polar cod protein isolate and its using for mayonnaise and meat- and fish frankfurters manufacturing

Реферат. Разработана технология рыбного белкового изолята (РБИ) из малоценного рыбного сырья - сайки (полярной тресочки). Обоснована целесообразность применения щелочно-кислотного гидролиза для получения РБИ из мяса сайки для увеличения выхода белка, обладающего ценными функциональными свойствами. Установлены наиболее значимые технологические параметры, влияющие на физико-химические показатели изолята рыбного белка - параметры процесса промывания фарша и процесса гидролиза. Проведены эксперименты по определению влияния срока хранения замороженного сырья на физико-химические свойства изолята рыбного белка. Определено оптимальное количество промывочных циклов для мяса сайки, составляющее 4 - для сайки со сроком хранения до 4-х месяцев, 6 - со сроком хранения более 4-х месяцев. Установлена зависимость изменения температуры выдерживания и pH суспензии в процессе гидролиза на наиболее значимые показатели качества - массовую долю белка, выход изолята (по фаршу), растворимость изолята; оптимальные значения факторов имеют следующие значения: $t = 98\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\text{pH} = 11,75$. Разработана технология бесхолестеринового майонеза с выбором в качестве основного эмульгирующего компонента РБИ из мяса сайки. Установлена высокая эмульгирующая способность (ЭС) РБИ в мелкодисперсной эмульсии типа «масло в воде»: при повышении массовой доли изолята на 0,6 % ЭС повышается на 1,85 %. Проведены исследования органолептических, физико-химических и микробиологических показателей майонеза в процессе хранения, установлен срок годности продукта - 30 суток при температуре от 3 до 5 $^{\circ}\text{C}$. РБИ был также использован для разработки технологии мясорыбных сосисок. В рецептуру сосисок входят свинина, РБИ, СВЧ-бланшированная печень трески, соль, томатная паста, картофельный крахмал, копильный препарат и другие компоненты.

Summary. The technology of fish protein isolate from the low-cost raw material – the polar cod meat – was developed. The rationality of using partial alkaline-acid hydrolysis of minced fish for making fish protein isolate from the polar cod meat increasing the full-grade highly functional protein yield was proved. The most significant technological parameters influencing the physical and chemical characteristics of isolate were obtained; they are the parameters of washing and hydrolysis processes. The experiments of determination of the dependency of shelf life of the frozen raw material on physical and chemical characteristics of the raw material were carried out. The optimal quantity of washing cycles depending on the storage time was determined, it is 4 for the polar cod stored less than 4 month, and 6 for the polar cod stored more than 4 months. The dependency of temperature and pH of suspension changes during hydrolysis on the most significant quality characteristics (protein content, isolate yield by minced fish, isolate solubility) was obtained. The optimal values of these factors are: the temperature of 98 $^{\circ}\text{C}$, pH of 11.75. The technology of manufacturing cholesterol-free mayonnaise choosing the fish protein isolate as an emulsifier was developed. The high emulsifying ability of fish protein isolate in fine emulsion “oil in water” was proved: increasing the content of isolate by 0.6 % the emulsifying ability increases by 1.85 %. The organoleptic, microbiological, physical and chemical analyses of the mayonnaise were carried out, the recommended shelf life (30 days at the temperature from 3 to 5 $^{\circ}\text{C}$) was found. The fish protein isolate was also used for meat and fish frankfurters. The receipt of these frankfurters includes pork, FPI, microwave-blanched cod liver, salt, species, sugar, tomato paste, potato starch and yolk, liquid smoke.

Ключевые слова: полярная тресочка, щелочно-кислотный гидролиз, рыбный белковый изолят, бесхолестериновый майонез, СВЧ-бланшированная печень трески, мясорыбные сосиски, цветообразование.

Keywords: Polar Cod, alkaline-acid hydrolysis, fish protein isolate, cholesterol-free mayonnaise, microwave-blanched cod liver, meat- and fish frankfurters, color formation.

© Волченко В.И., Гроховский В.А.,
Глазунов Ю.Т., Клименко А.И., 2015

Комплексное и рациональное использование водных биоресурсов продолжает оставаться важнейшей задачей для рыбообработывающей отрасли. Современные направления развития промышленности предусматривают разработку комплексных, малоотходных технологий переработки гидробионтов, освоение недоиспользуемых маломерных объектов открытой части океана, в том числе и рыб пониженной товарной ценности таких, как сайка [1]. Это вызвано изменением видового и размерного состава уловов, потерей большей доли белка в виде отходов при использовании традиционных методов переработки, недостаточной обеспеченностью населения животным белком.

Существенным направлением в этом плане является развитие технологий по глубокой переработке гидробионтов, с целью получения полноценного белка, и производства продуктов на их основе. Этим требованиям отвечает производство гидролизатов, концентратов, изолятов и готовых продуктов на их основе из объектов пониженной товарной ценности, которые трудно или почти невозможно переработать по традиционным технологиям.

Изоляты, изготовленные из рыбного сырья, являются ценными продуктами гидролиза белков. Содержание в них белка достигает от 88 до 93,5 %, что заметно превосходит по этому показателю рыбные концентраты и другие аналогичные продукты [2].

Рыбные белковые изоляты (РБИ) обладают многими ценными функциональными свойствами: растворимостью в воде, эмульгирующей, пенообразующей, связующей, гелеобразующей способностями, что позволяет использовать их для изготовления широкого диапазона пищевых продуктов, и в частности, мясных варёных колбас, майонезов и др.

Производство мясных варёных колбас, сосисок и сарделек, а также майонеза с добавлением изолята рыбного белка позволяет отказаться от необходимости введения ингредиентов, содержащих холестерин, в частности, яичных продуктов, что благоприятно скажется на его пищевых и диетических свойствах, делает его доступным для потребителей с повышенным содержанием холестерина в крови, а также уменьшит его себестоимость.

Существенный теоретический и практический вклад в развитие технологии по производству изолированного белка из гидробионтов и созданию продуктов питания на его основе внесли ученые: Л.И. Борисочкина, А.П. Черногорцев, Т.А. Орлова, Н.И. Рехина, П.Б. Василевский, B.Y. Kim, J.W. Park, H.O. Hultin, S.D. Kelleher и другие.

В тоже время поиск новых путей совершенствования технологии производства изолированного белка из гидробионтов и создание новых технологий продуктов питания на его основе в настоящее время имеют безусловную востребованность.

Таким образом, разработка технологии изготовления изолированного белка из малоценного рыбного сырья с последующим получением ряда пищевых продуктов на его основе и предопределяет актуальность данной работы.

Целью работы является разработка способа изготовления изолированного белка из малоценного рыбного сырья - сайки (полярной тресочки) и создание на этой основе технологии различных пищевых продуктов.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- обосновать целесообразность применения щелочно-кислотного гидролиза для получения изолята белка из мяса сайки;
- установить наиболее значимые технологические параметры, влияющие на физико-химические показатели изолята рыбного белка;
- оптимизировать процесс изготовления белкового изолята с использованием математических методов планирования эксперимента и обработки данных;
- изготовить изолированный белок из сайки на основе установленных оптимальных технологических параметров;
- провести анализ полученного изолята по комплексу органолептических, физических, химических и микробиологических показателей;
- разработать технологию изготовления ряда пищевых продуктов на основе изолированного белка из мяса сайки;
- определить показатели безопасности и качества полученных продуктов;
- провести комплексные исследования полученных продуктов в процессе хранения и установить сроки годности;
- разработать проект нормативной документации по производству ряда продуктов на основе изолята рыбного белка.

Объектами исследования являлись фарш из сайки мороженой, полученный из него белковый рыбный изолят, и опытные образцы майонеза и ряда пищевых продуктов, изготовленные на его основе. Используемая для производства изолированного рыбного белка сайка неразделанная должна соответствовать требованиям ГОСТ 15-57-96 «Рыба мелкая мороженая. Технические условия».

По микробиологическим показателям и показателям безопасности мороженая сайка, и вспомогательные материалы должны соответствовать требованиям СанПиН 2.3.2.1078-2001.

По паразитарной чистоте мороженая сайка должна отвечать требованиям СанПиН 3.2.133-2003.

В производстве майонеза и мясных изделий на основе изолированного белка сайки используются дополнительное пищевое сырье: вода питьевая (по СанПиН 2.1.4.1074-2001), масло растительное (ГОСТ 1129-93), соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), сахарный песок (ГОСТ 21-94), горчица (РСТ РСФСР 253-87), уксус пищевой (ГОСТ Р 52101-2003). В производстве мясорыбных сосисок используются соль поваренная пищевая (ГОСТ Р 51574-2000), свинина нежирная замороженная в блоках (ГОСТ Р 54704-2011), печень трески охлажденная или замороженная (ОСТ 15-411-2003), яйцо куриное пищевое (ГОСТ Р 52121-2003) сахарный песок (ГОСТ 21-94), перец чёрный молотый (ГОСТ 29050-91), перец душистый молотый (ГОСТ 29045-91), крахмал картофельный (ГОСТ Р 53876-2010).

Эксперименты проводились на базе научно-производственной лаборатории на кафедре «Технологии пищевых производств» МГТУ и в учебно-экспериментальном цехе МГТУ.

При разработке способа изготовления изолированного белка из малоценного рыбного сырья - сайки и создания на этой основе технологии бесхолестеринового майонеза и мясорыбных сосисок определяли качественные показатели сырья, ингредиентов и готовых продуктов.

В ходе экспериментов использовали химические, физические, органолептические и микробиологические методы исследований.

Исследуемые образцы рыбы (полуфабрикат и готовая продукция) отбирали по ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукты из них. Правила приемки и методы отбора проб». После составления объединенной пробы рыбу заворачивают в пергамент по ГОСТ 1341-97 с нанесением соответствующих подписей (наименование образца, вид обработки, место, дата, время отбора). Из объединенной пробы составляли среднюю пробу по ГОСТ 31339-2006. Образцы хранили в холодильнике при выбранных температурных режимах.

Химический состав (массовую долю воды, липидов и минеральных веществ, водородоудерживающую способность рыбы (ВУС), массовую долю азотистых летучих оснований (АЛО), массовую долю общих азотистых веществ (ОА) и небелкового азота (НА), растворимость белка в воде, кислотность и содержание поваренной соли) определяли стандартными методами (ГОСТ 7636-85). В готовом

продукте определяли органолептические показатели качества майонеза (консистенция, внешний вид и цвет, запах и вкус), массовую долю влаги и жира, кислотность и стойкость эмульсии, пероксидное число жировой фазы по методам испытаний, изложенным в ГОСТ 30004.2-93 «Майонезы. Правила приемки и методы испытаний», с 01.01.2011 ГОСТ Р 53595-2009 «Майонезы и майонезные соусы. Правила приемки и методы испытаний».

Микробиологические показатели сырья, изолированного белка и бесхолестеринового майонеза на его основе проводили в микробиологической лаборатории Центра исследования сырья и продукции кафедры «Технологии пищевых производств» МГТУ. Отбор и подготовку проб для микробиологических анализов проводили по ГОСТ 26668-85 «Продукты пищевые и вкусовые. Методы отбора проб для микробиологических анализов».

Микробиологические испытания проводили по стандартным методикам (ГОСТ 10444.2-94, ГОСТ 10444.12-88, ГОСТ 10444.15-94, ГОСТ 26560-90, ГОСТ 26669-85, ГОСТ 26670-85, ГОСТ 29184-91, ГОСТ 29185-91, ГОСТ Р 50474-93, ГОСТ Р 50480-93).

Активную кислотность (рН) сырья, воды, направляемой на промывание фарша, суспензии в процессе гидролиза, продукта определяли потенциометрическим методом на иономере «Эксперт-001-х», портативном рН-метре «HANNA» модели HI98103.

Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики и нелинейной регрессии [3]. Основу математических обработок составили полиномиальные модели второго порядка.

Получение уравнений регрессий исследуемых процессов и поиск оптимальных условий их протекания осуществлены с использованием центральных ортогональных композиционных планов.

Полный факторный план создавали в виде матрицы, состоящей из всех возможных комбинаций нижних и верхних уровней каждого из факторов. План обозначали 2^n , где n - количество факторов, а 2 - число уровней варьирования факторов. С целью минимизации влияния последовательности проведения экспериментов, проводили рандомизацию матрицы [3]. Для каждого из наборов комбинаций уровней факторов определяли значение функции отклика. Затем получали уравнение регрессии с помощью регрессионного анализа.

Поиск оптимума осуществлялся методом крутого восхождения - оптимум ищется на линии, полученной по уравнению регрессии (эта линия практически совпадает с направлением градиента функции отклика). Если же исследование проводилось вблизи оптимума, поиск оптимума был возможен путём исследования поверхности оптимума [3].

Расчет коэффициентов уравнений регрессии, проверку адекватности уравнений регрессии и поиск оптимума полученной функции в заданной области факторного пространства осуществляли на ПЭВМ с использованием компьютерной программы Datafit 9.0.

К нестандартным относится экстракция жира из навески рыбного фарша и изолята методом Блая-Дайера, метод определения плотности, а также массовой доли азотистых летучих оснований (АЛО), массовой доли общих азотистых веществ (ОА) и небелкового азота (НА) с помощью автоматического дистиллятора Кьельдаля PRO-NITRO A 40002430.

Разработка способа получения ИРБ из мяса сайки методом щёлочно-кислотного гидролиза. Технологические процессы производства концентратов и изолятов белка состоят из сравнительно небольшого числа операций. Обычно они включают механическое измельчение и очистку исходного сырья, экстракцию из него полезных или целевых и антипитательных веществ, экстракцию белка, очистку белковых растворов, концентрирование или осаждение белка, регулирование его функциональных свойств, сушку или замораживание, или дальнейшее использование для получения продуктов питания [4].

К наиболее важным параметрам процесса относятся приёмы и режимы измельчения и очистки сырья, состав экстрагирующих сред и температурно-временные режимы обработки на отдельных стадиях [5].

Основными направлениями на пути создания и оптимизации технологий изготовления изолята рыбного белка являются: выбор сырья, наиболее приемлемого для его изготовления; подготовка фарша с наиболее приемлемыми показателями; определение значений технологических параметров, обеспечивающих максимальный выход и качество изолята рыбного белка; максимальная расшифровка механизмов формирования основных свойств изолята и на их базе создание моделируемых процессов и управляемых технологий.

На качество рыбного фарша оказывает влияние множество факторов, в том числе вид сырья, его качество, посмертное состояние рыбы, способы отделения мяса рыбы от костей и других компонентов, степень измельчения мяса рыбы, способ экстракции антипитательных веществ из фарша, вещества, применяемые для стабилизации компонентов фарша, температурные режимы обработки и хранения.

Контроль степени измельчения сырья необходим для обеспечения оптимальных условий очистки сырья от нежелательных компонентов и примесей и последующей экстракции (скорости, выхода и однородности фракций). Наряду со степенью измельчения важное значение имеют температурно-временные режимы измельчения. Они должны не допустить деструкцию и окисление ценных компонентов. Высокие степени измельчения обычно нежелательны, так как излишняя гомогенизация сырья часто сопровождается взаимодействием его компонентов и затрудняет разделение отдельных фракций. Кроме того, при чрезмерно тонком измельчении возникают технологические проблемы при хранении и транспортировке сырья на последующие технологические операции, связанные с уплотнением и слеживанием, потерям при его отделении от нежелательных компонентов путём центрифугирования, фильтрования или сепарации, а также при отделении от экстрагирующих сред.

Отделение белка от липидов обеспечивает увеличение сроков его хранения, улучшение функциональных и органолептических свойств, снижение стоимости. Улучшение органолептических свойств белка обусловлено как отделением жирорастворимых вкусовых и ароматических веществ, так и предотвращением образования продуктов гидролиза и окисления липидов. Изменение функциональных свойств белка обусловлено снижением роли липид-белковых взаимодействий и химической модификацией белков при взаимодействии с липидами и продуктами окисления липидов.

В качестве растворителей для удаления липидов используют изопропанол, гексан, хлорированные углеводороды. Количество промывок измельченного мяса рыбы, соотношение мяса рыбы и промываемого раствора, его температура также оказывают влияние на качество рыбного фарша.

При невозможности учета и управления всеми факторами, целесообразно определить и оптимизировать оказывающие наибольшее влияние на качество изолированного белка, а именно, параметры процесса промывания фарша и гидролиза.

Результаты исследований по установлению влияния системы промываний на свойства фарша из мяса сайки. Эксперименты проводились на различных партиях сайки мороженой октябрьского улова. Срок хранения мороженой сайки составлял один месяц.

Размораживание осуществляли в воде при температуре не выше плюс 15 °С до температуры от минус 1 до 1 °С в толще тушки с

последующими разделкой сайки на тушку и измельчением.

Для получения фарша высоких кондиций применяли трехкратную систему промывок фарша. В ходе всего процесса были определены объективные и субъективные показатели качества фарша. Результаты и ход эксперимента представлены в таблице 1 и на рисунках 1 и 2.

Т а б л и ц а 1

Влияние промывок на свойства фарша из мяса сайки

Показатель	Фарш			
	после разделки	после первого промывания (водой)	после второго промывания (0,5 % содовым раствором)	после третьего промывания (водой)
Цвет	серый	светло-серый с кремовым оттенком	грязно-кремовый с темно-серыми включениями	темно-кремовый цвет с серыми включениями
Запах	резко выраженный	значительно выраженный	умеренно выраженный	умеренно выраженный
Гистологические свойства	при надавливании отделяется тканевый сок темно-серого цвета	при надавливании отделяется жидкость серого цвета	при надавливании отделяется жидкость	при надавливании отделяется жидкость
ВУС, %	62,01±0,21	62,60±0,25	62,78±0,18	62,97±0,22
Влагосодержание (ω), %	81,75±0,15	81,82±0,11	87,02±0,19	89,92±0,11
АЛО, %	0,045±0,0012	0,038±0,0014	0,024±0,0018	0,014±0,0011
Протеин (N-6,25), %	14,9±0,13	-	-	-
Липиды, %	1,2±0,09	-	-	-

Анализ данных таблицы 1 свидетельствует о том, что, во-первых, цвет фарша после трёх промываний изменился от серого до темно-кремового с серыми включениями, что связано с процессом вымывания частиц кожи, внутренностей, а также белков саркоплазматической фракции.

Во-вторых, происходит снижение интенсивности специфического рыбного запаха фарша вследствие уменьшения массовой доли азота летучих оснований (АЛО) и других небелковых азотистых веществ, поскольку уменьшается содержание аммиака, метиламиновых соединений, свободных аминокислот, мочевины, которые экстрагируются водой в процессе промывания. Изменение азота летучих оснований в зависимости от количества промываний представлено на рисунке 1.

В-третьих, по результатам экспериментов (рисунок 2) наблюдается увеличение влагосодержания, что объясняется тем, что многократная промывка способствует впитыванию воды, несмотря на отжим. Кроме того, происходит незначительное увеличение влагоудер-

живающей способности в результате высокой степени очистки миофибриллярных белков.

Изменение влагоудерживающей способности и влагосодержания и азота летучих оснований в зависимости от количества промываний представлено на рисунке 2.

Промывание фарша позволяет получить миофибриллярные белки с более высокой степенью очистки и, следовательно, способствует удалению побочных запахов, повышает эластичность и устойчивости продукта к порче.

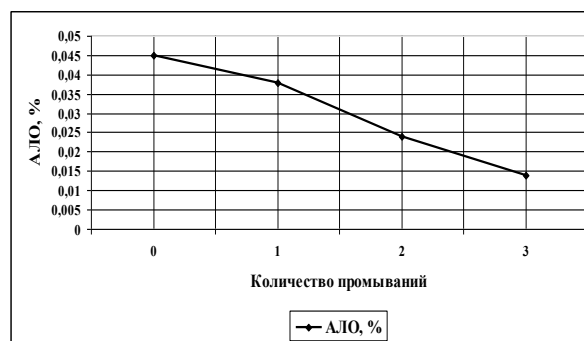


Рисунок 1. Изменение азота летучих оснований и влагосодержания в зависимости от количества промываний



Рисунок 2. Изменение влагоудерживающей способности и влагосодержания в зависимости от количества промываний

Результаты экспериментов показали необходимость промываний, которые, безусловно, улучшают качественные характеристики фарша.

Определение оптимальных параметров процесса гидролиза мяса сайки. Следующим этапом разработки способа получения ИРБ стало установление целесообразности и возможности использования частичного щёлочно-кислотного гидролиза с выявлением и оптимизацией наиболее значимых факторов данного процесса.

Анализ имеющихся экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что из большого числа факторов, влияющих на процесс гидролиза, основными являются те, которые определяют интенсивность растворения белка - температура выдерживания суспензии X_1 и pH суспензии X_2 . Остальные влияющие факторы (продолжительность гидролиза, количество воды, добавляемой к фаршу, способ разделки сырья и его удельная поверхность, химический состав сырья) фиксировались в ходе экспериментов с целью исключения их влияние на результат.

С целью минимизации количества проводимых экспериментов, при наличии большого числа факторов, влияющих на значение измеряемой величины, применяли статистические методы планирования эксперимента, которые предполагают выделение двух уровней варьирования всех используемых факторов (нижнего и верхнего), обозначаемых минус один и плюс один [3].

При установлении оптимальных параметров процесса изготовления изолята из сайки применяли ортогональный центральный композиционный план второго порядка для двух факторов.

С учетом результатов ранее выполненных работ и собственных экспериментов были определены пределы и интервалы изменения факторов X_1 и X_2 , подлежащих оптимизации.

Температура выдерживания суспензии в ходе эксперимента варьировалась от 80 до 100 °С, pH суспензии варьировалась от 8 до 12. Характеристика эксперимента представлена в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

План эксперимента по определению оптимальных технологических параметров процесса гидролиза мяса сайки

Фактор	Уровень			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
X_1 - температура выдерживания суспензии (фарш в водном растворе NaOH) при гидролизе, °С	80	90	100	10
X_2 - pH суспензии	8	10	12	2

При оптимизации факторов, влияющих на физико-химические показатели изолята, была проведена рандомизация матрицы. Опыты, указанные в строках, выполнялись в случайной последовательности и проводились в трехкратной повторности.

Матрица планирования экспериментов представлена в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Номер опыта после рандомизации	Условие опыта	
		X_1 , °С	X_2
1	5	80	8
2	9	80	10
3	8	80	12
4	1	90	8
5	7	90	10
6	3	90	12
7	6	100	8
8	4	100	10
9	2	100	12

В качестве функций отклика были выбраны следующие физико-химические показатели изолята: Y_1 - выход изолята (по фаршу), Y_2 - растворимость изолята, Y_3 - содержание белка (в пересчёте на массовую долю воды в изоляте 62,6 %). Безразмерный обобщённый параметр оптимизации для каждого опыта рассчитывали по формуле 1:

$$Y_i(x) = \sum (Y_{ni} - Y_{no})^2 / Y_{no}^2, \quad (1)$$

где Y_{ni} - значение экспериментального i -го частного отклика; Y_{no} - наивысшее значение i -го частного отклика.

Наивысшие значения для функций отклика в соответствии с результатами предварительных экспериментов и данными научно-технической литературы представлены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

Наивысшие значения для функций отклика

Функция отклика	Y ₁ , %	Y ₂ , %	Y ₃ , %
Наивысшее значение	70	60	35

Подготовку фарша (размораживание, разделка сайки на тушку, измельчение и трёхкратное промывание) проводили из сырья и по технологии, указанной ранее.

Процесс гидролиза осуществляется в несколько этапов. К смеси после центрифугирования добавляется вода в соотношении 4:1 к фаршу. Далее добавляется NaOH до необходимого уровня pH (предварительно NaOH готовится из сухого едкого натра разведением его водой до концентрации 33 %). Затем происходит перемешивание смеси в течение 45 минут.

Обработка частично гомогенизированной смеси производится при необходимой температуре, с последующим охлаждением до температуры от 50 до 60 °С и фильтрацией нежелательных компонентов. Далее в фильтрат добавляется раствор HCl при постоянном перемешивании до достижения pH = 5,5. Осаждённый белок отделяется центрифугированием.

В процессе последующих экспериментов по изготовлению изолята рыбного белка в соответствии принятом ортогональном плане были получены результаты, отражающие зависимость физико-химических показателей изготовленного изолята от факторов оптимизации - температуры выдерживания суспензии X₁ и pH суспензии X₂. Матрица планирования и результатов экспериментов представлена в таблице 5.

Т а б л и ц а 5

Матрица планирования и результаты эксперимента

Номер опыта	Номер опыта после рандомизации	Условие опыта		Y ₁ , %	Y ₂ , %	Y ₃ , %	Y
		X ₁ , °С	X ₂				
1	5	80	8	45,4	46,8	27,9	0,196
2	9	80	10	51,7	47,2	29,1	0,128
3	8	80	12	58,6	49,8	30,7	0,060
4	1	90	8	47,3	48,4	28,9	0,158
5	7	90	10	56,3	52,8	30,9	0,057
6	3	90	12	63,7	55,1	31,3	0,017
7	6	100	8	51,6	49,7	28,5	0,117
8	4	100	10	62,6	52,7	32,6	0,026
9	2	100	12	66,1	54,4	32,8	0,012

Результаты исследований обрабатывали с применением математических методов регрессионного анализа [3]. Полиномиальные модели второго порядка, представленные в формуле 2, являлись основой математических обработок. Показатель i изменяется от единицы до трех:

$$Y = b_0 + \sum b_i x_i + \sum b_{ii} x_i^2 + \sum b_{ij} x_i x_j, \quad (2)$$

где Y - обобщенный параметр оптимизации; b₀, b_i, b_{ii}, b_{ij} - неизвестные коэффициенты полиномиальной модели; x_i (x_j) - изменяемые факторы исследуемого процесса.

Математическая обработка результатов: расчет коэффициентов уравнений регрессии, проверку адекватности уравнений регрессии и поиск оптимума полученной функции в заданной области факторного пространства была проведена с использованием компьютерной программы Datafit Version 9.

В результате было получено уравнение регрессии 3:

$$Y_i(x) = 0,84 - X_1 - 0,04 X_2 \quad (3)$$

Критерий Фишера (F-ratio) для данной модели составил 41,2, что свидетельствует об адекватности полученных математических зависимостей.

Полученное уравнение регрессии позволяет определить значение функции отклика для заданных условий проведения эксперимента, дает информацию о форме поверхности отклика, представленной на рисунке 3. Исследование этой поверхности необходимо для выбора оптимальных параметров - температуры выдерживания и pH суспензии.

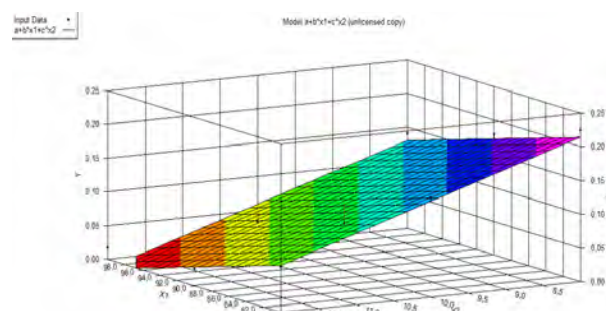


Рисунок 3. Поверхность функции отклика Y в выбранной области факторного пространства (уравнение 3), характеризующая зависимость обобщенного параметра оптимизации Y от варьируемых факторов - температуры выдерживания X₁ и pH суспензии X₂ при гидролизе

В ходе решения этого уравнения были установлены оптимальные значения факторов, влияющих на качество изолята рыбного белка в процессе гидролиза. Они имеют следующие значения: $X_1 = 98^\circ\text{C}$ и $X_2 = 11,75$. Расчетные значения влияющих факторов, наиболее близкие к оптимальным, то есть соответствующие максимальному значению функции отклика. Таким образом, после получения математического описания процесса гидролиза, в зависимости от температуры выдерживания и pH суспензии, становится доступной оптимизация последнего.

Таким образом, результаты проведенных исследований по установлению целесообразности трёхкратного промывания фарша водой, применения щелочно-кислотного метода гидролиза с оптимизацией значимых факторов данного процесса, положены в основу разработанного способа получения изолята рыбного белка из мяса сайки.

На основании значений оптимальных факторов был изготовлен изолят рыбного белка из мяса сайки.

Органолептическая и физико-химические характеристики изолята из мяса сайки представлены в таблицах 6 и 7 соответственно.

В ходе органолептической оценки полученного изолята рыбного белка через 24 часа было выявлено появление слабовыраженного рыбного запаха. Это объясняется недостатками методов центрифугирования и отделения осадка при промывании фарша в условиях лаборатории, которые не позволяют произвести полное удаление аминов и веществ липидного характера (свободные жирные кислоты), вызывающих повторное появление слабовыраженного рыбного привкуса. Этот недостаток полностью исключается применением промышленных центрифуг и регулированием количества промываний.

Т а б л и ц а 6
Органолептическая характеристика
ИРБ из мяса сайки

Показатель	Цвет	Запах	Консистенция	Вкус
Характеристика	Светло-серый с кремовым оттенком	Нейтральный, через 24 часа - слабовыраженный рыбный	Творожистая, уплотнённая	Нейтральный, схожий со вкусом вареного яичного белка

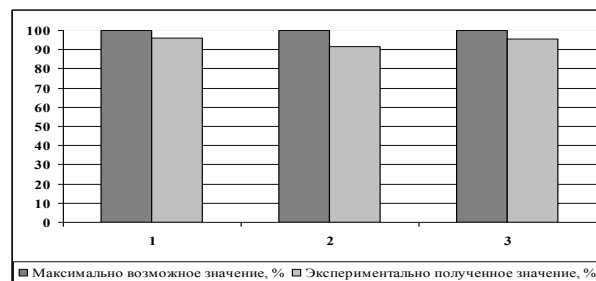
Т а б л и ц а 7
Физико-химический состав
изолированного белка

Показатель	Выход изолята (по фаршу), %	Растворимость изолята, %	Влажность (ω), %	Протеин в пересчёте на сухое вещество (N·6,25), %	Липиды, %
Значение	67,15	54,93	85,20	89,39	0,48

Содержание белка составило 95,6 % от максимально возможного (93,5 % протеина в пересчёте на сухое вещество), растворимость - 91,55 % (от максимально возможной 60 %).

Сравнение физико-химического состава изолята, изготовленного на основании значений оптимальных факторов, с наивысшими значениями по данным научно-технической литературы, представлено на рисунке 5.

Массовая доля липидов уменьшается в 2,5 раза (с 1,2 % в сырье), что связано с экстрагированием их значительной части водой в процессе промываний. Снижение количества липидов положительно сказывается на качестве изолята рыбного белка, что обусловлено как отделением жирорастворимых вкусовых и ароматических веществ, так и предотвращением образования продуктов гидролиза и окисления липидов.



1 - Выход изолята (по фаршу), %; 2 - растворимость изолята, %; 3 - протеин, %.

Рисунок 5. Сравнение физико-химического состава изолята, изготовленного на основании значений оптимальных факторов, с наивысшими значениями

Определение влияния срока хранения замороженного сырья на физико-химические свойства изолята рыбного белка. Хранение рыбы в условиях низких температур замедляет процессы превращения исходных биологических и неорганических соединений в тканях.

При низких температурах в тканях мороженой рыбы основная часть влаги превращена в кристаллы льда. Характер, распределение и размеры образующихся кристаллов льда зависит от условий замораживания и состояния рыбы перед замораживанием.

Особенности кристаллообразования и распределения кристаллов внутри тканей влияют на пищевую ценность мяса, физико-химические свойства мышечной ткани, на вододерживающую способность белков.

В процессе хранения происходят автолитические превращения белков и липидов под воздействием тканевых протеолитических и липолитических ферментов. Скорость автолиза зависит от температуры, активности ферментов и других факторов [6].

Качество сырья оказывает влияние на пищевую и биологическую ценность рыбного фарша. Подготовка фарша с наиболее приемлемыми показателями является одним из основных направлений на пути создания и оптимизации технологии изготовления изолята рыбного белка.

Наиболее актуальным направлением получения фарша высоких кондиций считается применение системы промываний фарша. Анализ имеющихся научных и экспериментальных данных позволяет сделать вывод о том, что из большого числа факторов, влияющих на процесс промывания фарша, основными являются те, которые обеспечивают максимальную экстракцию антипитательных ве-

ществ - количество промываний измельченного мяса рыбы, соотношение мяса рыбы и промываемого раствора и его температура.

По данными научно-технической литературы оптимальное значение гидромодуля - 3 (соотношение воды и фарша 3:1), температура растворителя (воды) - не должна превышать 10 °С, длительность промывочного цикла - не более 10 минут [7].

Эксперименты по установлению оптимальных параметров процесса промывания мяса сайки проводились на различных партиях сайки мороженой, заготовленной в районе промысла Баренцева моря.

Для получения фарша, максимально очищенного от нежелательных компонентов, применяли многократную систему промываний фарша - от трёх до шести, осуществляемых после измельчения рыбы, при температуре воды от 7 до 8 °С, гидромодуле - 3, длительности промывочного цикла - от 6 до 7 минут. В ходе всего процесса были определены объективные и субъективные показатели качества фарша. Результаты и ход эксперимента представлены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8

Результаты исследований фарша из сайки мороженой

Объект исследования	Наименование показателя								
	Массовая доля воды, %	ВУС, %	ОА, %	НБА, %	ИП, %	АА, %	АЛО, %	Липиды, %	Зола, %
Сайка мороженая, срок хранения 1,5 месяца									
- фарш после разделки	78,9±0,15	64,11±0,3	3,14±0,03	0,4143±0,003	17,04	0,085±0,006	0,0139±0,0002	1,09±0,06	1,62±0,05
- фарш после 3-х промывок	84,8±0,15	-	2,26±0,01	0,0809±0,005	13,62	-	0,0062±0,0001	0,65±0,02	-
- фарш после 4-х промывок	90,0±0,10	-	1,49±0,04	0,0500±0,001	9,00	-	0,0059±0,0005	0,22±0,04	-
Сайка мороженая, срок хранения 4 месяца									
- фарш после разделки	84,3±0,12	63,08±0,4	2,33±0,03	0,3368±0,006	12,46	0,199±0,008	0,0226±0,0001	1,10±0,09	1,63±0,03
- фарш после 3-х промывок	88,6±0,1	-	1,64±0,02	0,047±0,001	9,96	-	0,0100±0,0003	-	-
- фарш после 4-х промывок	88,4±0,4	-	1,66±0,01	0,044±0,001	10,10	-	0,0065±0,0004	-	-
- фарш после 5-ти промывок	91,0±0,05	-	1,31±0,01	0,040±0,002	7,94	-	0,0058±0,0003	-	-
- фарш после 6-ти промывок	91,5±0,05	-	1,24±0,04	0,037±0,002	7,52	-	0,0056±0,0001	-	-
Сайка мороженая, срок хранения 7 месяцев									
- фарш после разделки	77,9±0,09	61,12±0,2	-	-	-	0,274±0,01	0,0625±0,0004	-	1,67±0,02
- фарш после 3-х промывок	80,1±0,1	-	-	-	-	-	0,0185±0,0004	-	-
- фарш после 4-х промывок	88,6±0,2	-	1,24±0,03	0,080±0,001	7,25	-	0,0086±0,0004	-	-
- фарш после 5-ти промывок	86,4±0,06	-	1,48±0,01	0,072±0,001	8,8	-	0,0066±0,0003	-	-
- фарш после 6-ти промывок	85,5±0,04	-	1,59±0,07	0,060±0,003	9,56	-	0,0058±0,0003	-	-

Для сайки при хранении наблюдались следующие закономерности: повышение массовой доли небелкового азота, увеличение содержания аминного азота от 0,085 до 0,274 %, свидетельствующие о высокой активности тканевых ферментов и интенсивности автолиза в мышечной ткани данного вида рыбы, уменьшение водоудерживающей способности белков от 64,11 до 61,12 %. При хранении мороженой рыбы в тканях развиваются физико-химические процессы, в результате которых с поверхности тела рыбы испаряется влага, увеличиваются размеры кристаллов льда, уменьшается их число в межклеточном пространстве, но при размораживании рыбы в воде может наблюдаться оводнение мышечной ткани, что отражается на химическом составе сырья (колебание массовой доли воды).

Массовая доля жира в мышечной ткани изменяется за счёт изменения содержания воды. Аналогично, в результате изменения содержания влаги, незначительно изменяется массовая доля минеральных веществ.

В процессе промывания фарша наблюдается незначительное уменьшение содержания общего азота, что связано с удалением части хорошо растворимых в воде саркоплазматических белков, а также увеличение влагосодержания, что объясняется неравномерной силой мануального отжима.

Отношение НБА/ОА в процессе промывания изменяется для сайки со сроком хранения 1,5 месяца с 13, 19 до 3,36 % (за 4 промывочных цикла), 4 месяца - с 14,45 до 3,41 и 3,05 % (за 4 и 5 промывочных циклов соответственно), 7 месяцев - с 14,52 до 3,77 % (за 6 промывочных циклов).

Кроме того наблюдается уменьшения азота летучих оснований, которое происходит вследствие уменьшения аммиака, метиламиновых соединений, небелковых азотистых веществ, свободных аминокислот, мочевины и липидов, которые также вымываются в процессе промывки.

Динамика изменения азота летучих оснований в зависимости от количества промывочных циклов представлена на рисунке 6.

Анализ полученных данных позволил установить нецелесообразность проведения пятого и шестого промывочных цикла для сайки со сроком хранения 1,5 и 4 месяца. Таким образом, оптимальное количество промывочных циклов для сайки со сроком хранения до четырёх месяцев - 4, более четырёх месяцев - 6.



Рисунок 6. Динамика изменения азота летучих оснований в зависимости от количества промывочных циклов

На основании полученных значений оптимальных факторов был изготовлен изолят рыбного белка из мяса сайки со сроком хранения 1,5, 4 и 7 месяцев, физико-химическая и органолептическая характеристики которого представлены в таблице 9.

Технологическая схема получения изолированного белка из мяса сайки, разработанная на основании полученных значений оптимальных факторов, представлена на рисунке 7.

С целью проверки универсальности разработанного способа изготовления изолята рыбного белка из мяса сайки для рыб семейства тресковые со схожим химическим составом был изготовлен белковый изолят из мяса путассу.

Эксперимент по установлению универсальности разработанного способа изготовления изолята рыбного белка проводился на путассу мороженой, заготовленной в районе СВА - февральский улов. Срок хранения мороженой путассу составил 2 месяца.

Физико-химическая и органолептическая характеристики сырья, промытого фарша и изолята рыбного белка из мяса путассу представлены в таблице 10.

Т а б л и ц а 9

Физико-химическая и органолептическая характеристики изолята рыбного белка из мяса сайки

Наименование показателя	Изолят из мяса сайки		
	сроком хранения 1,5 месяца 4 промывочных цикла	сроком хранения 4 месяца 4 промывочных цикла	сроком хранения 7 месяцев 6 промывочных циклов
1	2	3	4
Массовая доля воды, %	90,9±0,0500	89,1±0,0500	91,0±0,04
ОА, %	1,37±0,0030	1,50±0,0025	1,00±0,0065
НБА, %	0,03±0,0050	0,04±0,0013	0,05±0,005

1	2	3	4
Сырой протеин (ОА-6,25), %	8,57±0,0038	9,39±0,0060	6,29±0,006
Истинный протеин (БА-6,25), %	8,42±0,0012	9,13±0,0023	5,99±0,0044
Истинный протеин в пересчёте на сухое вещество, %	92,05±0,005	83,40±0,002	66,87±0,002
АЛО, %	1,0±0,01	1,1±0,01	4,1±0,02
Зола, %	0,45±0,003	0,85±0,008	0,21±0,003
Цвет	белый	белый, через 48 часов переходящий в бело-серый	бело-серый
Запах	нейтральный	нейтральный	нейтральный
Вкус	нейтральный	нейтральный	нейтральный

Полученные данные позволяют сделать вывод об универсальности разработанного способа изготовления изолята рыбного бел-

ка из мяса сайки для рыб семейства тресковые со схожим химическим составом.

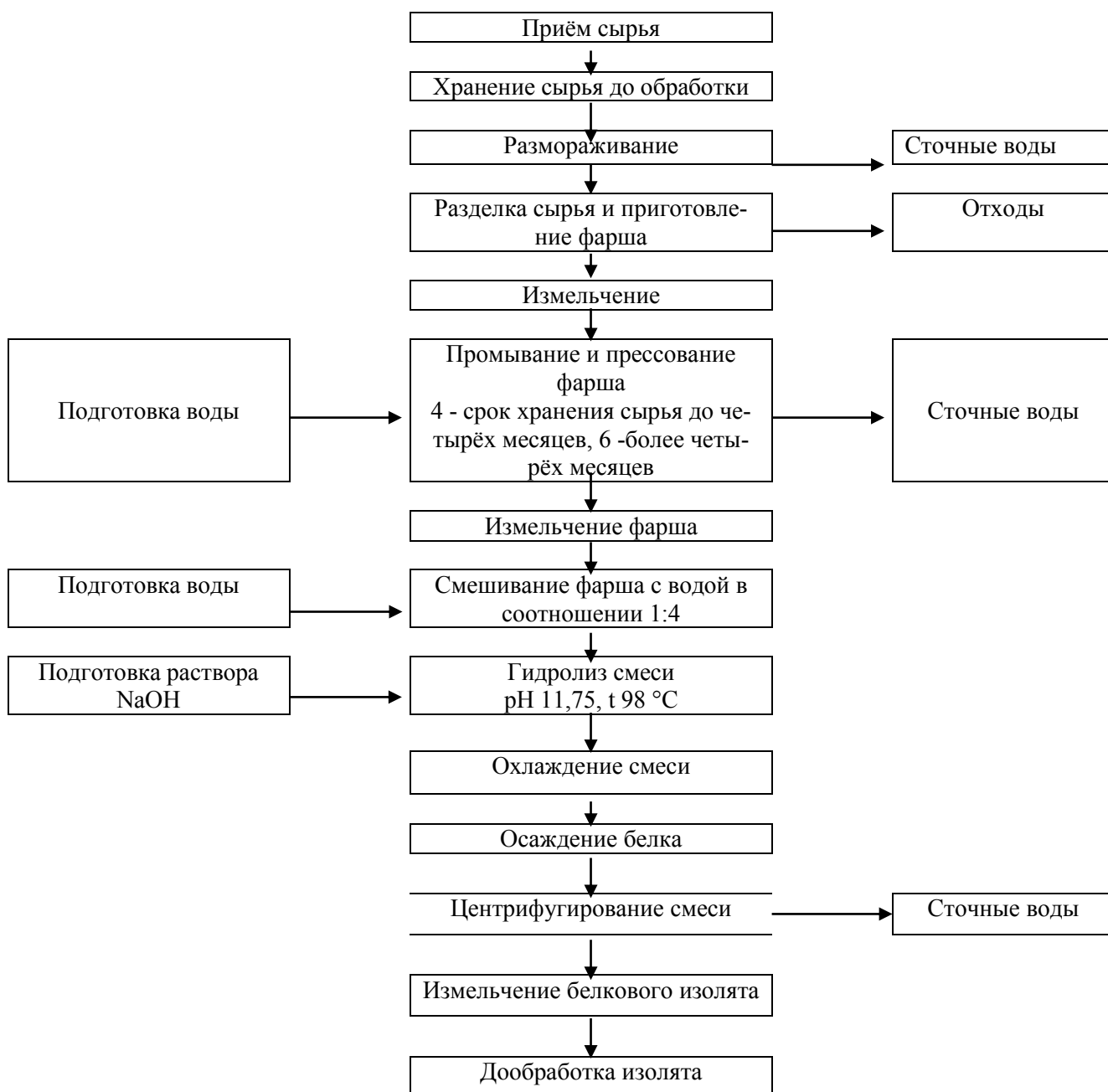


Рисунок 7. Технологическая схема производства изолята из мяса сайки

Разработка технологии изготовления бесхолестеринового майонеза на основе изолята рыбного белка из мяса сайки. Майонез представляет собой сметанообразную мелкодисперсную эмульсию, где дисперсионной средой является вода, а дисперсной фазой - масло, приготовленную из рафинированных растительных масел с добавлением эмульгаторов, стабилизаторов, вкусовых добавок и пряностей (ГОСТ 30004.1-93, с 01.01. 2011 г. ГОСТ Р 53590-2009).

В ходе анализа научно-технической литературы были определены основные направ-

ления в создании майонезных эмульсий со сбалансированным соотношением белков, жиров и углеводов. Замена в рецептурах яичных продуктов - основного эмульгирующего и структурирующего компонента майонезных эмульсий является одной из наиболее актуальных тенденций в производстве майонеза.

Применение различных комбинаций эмульгирующих, структурирующих и стабилизирующих компонентов позволяет при их низком расходе получить высокоустойчивые эмульсии.

Т а б л и ц а 10

Физико-химическая и органолептическая характеристики сырья, промытого фарша и изолята рыбного белка

Наименование показателя	Исследуемый материал		
	Фарш после разделки	Фарш после 4-х промывок	Изолят
Массовая доля воды, %	80,298±0,0500	94,98±0,0500	90,98±0,04
ВУС, %	55,07±0,0400	-	-
ОА, %	2,5±0,0030	0,8472±0,0025	1,2883±0,0033
НБА, %	0,499±0,0050	0,0161±0,0013	0,0240±0,005
АЛО, %	0,015±0,0100	0,0043±0,0100	0,0014±0,010
АА, %	0,0770±0,0110	-	-
Зола, %	1,41±0,0030	-	-
Сырой протеин (ОА·6,25), %	-	-	8,052±0,006
Истинный протеин (БА·6,25), %	-	-	7,9019±0,0024
Истинный протеин в пересчёте на сухое вещество, %	-	-	87,633±0,002
Цвет	серый	кремовый с темно-серыми включениями	белый
Запах	значительно выраженный	слабо выраженный	нейтральный
Вкус	-	-	нейтральный

Поверхностно-активные свойства рыбного белка, его поведение на поверхностях раздела фаз масло-вода имеют большое практическое значение при получении пищевых эмульсий.

При исследовании свойств изолята рыбных белков было установлено, что эмульгирующая способность у него в три с половиной раза выше, чем у казеината натрия, и в два раза выше, чем у изолята соевого белка [4], что послужило опорной точкой для исследования оптимального ингредиентного состава для изготовления бесхолестеринового майонеза.

Технологическая схема производства майонеза периодическим способом представлена на рисунке 8.

Майонез является мультикомпонентной системой, а качественный и количественный состав ингредиентов определяет его функциональные свойства.

Основным эмульгирующим и стабилизирующим компонентом являлся изолят рыбного белка из мяса сайки. В качестве дополнительных были выбраны картофельный крахмал и сухие молочные продукты, так как они совместимы с другими пищевыми ингредиентами, входящими

в майонез, теоретически должны обеспечить требуемую консистенцию, сохраняющуюся длительное время и другие потребительские и технологические свойства продукта.

Экспериментальные рецептуры бесхолестеринового майонеза с применением крахмала и сухих молочных продуктов в различных соотношениях представлены в таблице 11. В качестве объективного показателя определялась стойкость эмульсии.

Проведённые исследования показали, что наиболее стабильными являются майонезные эмульсии, изготовленные по рецептурам 2, 5 и 8, о чём свидетельствует стойкость эмульсии. Наибольшее значение показателя наблюдается при увеличении количества рыбного изолированного белка. При повышении массовой доли изолята на 0,6 %, эмульгирующая способность повышается на 1,85 %.

По разработанной шкале органолептической оценки в баллах, оценивали: консистенцию, внешний вид, запах и вкус образцов, изготовленных по рецептурам 2, 5 и 8. Результаты представлены в таблицах 12 - 14.

Варианты рецептур бесхолестеринового майонеза

Наименование сырья	Количество компонентов, г							
	Варианты рецептур							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Масло растительное дезодорированное	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0	52,0
Белковый изолят (влажностью 50 %)	40,00	41,00	40,00	40,00	40,00	40,0	40,0	40,0
Уксус, 9 %	3	3	3	3	3	3	3	3
Сахар-песок	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
Молоко сухое обезжиренное	-	-	1,2	-	1,2	1,5	-	1,5
Соль	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Горчица	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Крахмал картофельный	-	-	-	0,7	0,7	-	0,9	0,9
Итого	98,2	99,2	99,4	98,9	100,1	99,7	99,1	100,6
Стойкость эмульсии, %	98,00	99,85	98,20	98,70	99,10	98,35	98,85	99,25

Т а б л и ц а 12

Результаты органолептической оценки майонез № 2

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	3,50
Внешний вид	0,8	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	4,00
Запах	0,6	5	5	4	5	4	5	5	5	4,75	2,85
Вкус	0,9	5	5	5	4	4	5	5	5	4,75	4,28
Итого	3,0	20	20	19	19	18	20	20	20	18,85	14,63

Результаты органолептической оценки трёх образцов бесхолестеринового майонеза свидетельствуют об их приемлемости.

Разработанная методика определяет качество образцов, изготовленных по рецептурам 5 и 8, как отличное, так их суммарная оценка более 13, но менее 14 баллов. Образец 2 обладает превосходным качеством (суммарная оценка составляет 14,63 баллов).

Анализ органолептических данных и стойкости эмульсии свидетельствует о том, что качество бесхолестеринового майонеза было признано наилучшим при использовании в качестве эмульгирующего компонента изолята рыбного белка из мяса сайки. Изменение уровня качества в образцах представлено на рисунке 9.

Оптимальная рецептура бесхолестеринового майонеза на основе изолята рыбного белка из мяса сайки представлена в таблице 15.



Рисунок 9. Изменение уровня качества в образцах № 2, 5, 8

Технологическая схема получения бесхолестеринового майонеза на основе изолята из мяса сайки представлена на рисунке 10.

С целью установления сроков годности продукта, была изготовлена партия бесхолестеринового майонеза, которую направили на хранение при температурном режиме от 3 до плюс 5 °С.

Т а б л и ц а 13

Результаты органолептической оценки майонез № 5

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	4	4	5	5	4	4	5	4,50	3,15
Внешний вид	0,8	4	5	5	4	5	5	5	5	4,75	3,80
Запах	0,6	5	5	4	5	4	5	5	5	4,75	2,85
Вкус	0,9	5	4	4	4	4	5	5	5	4,50	4,05
Итого	3,0	19	18	17	18	18	19	19	20	18,50	13,85

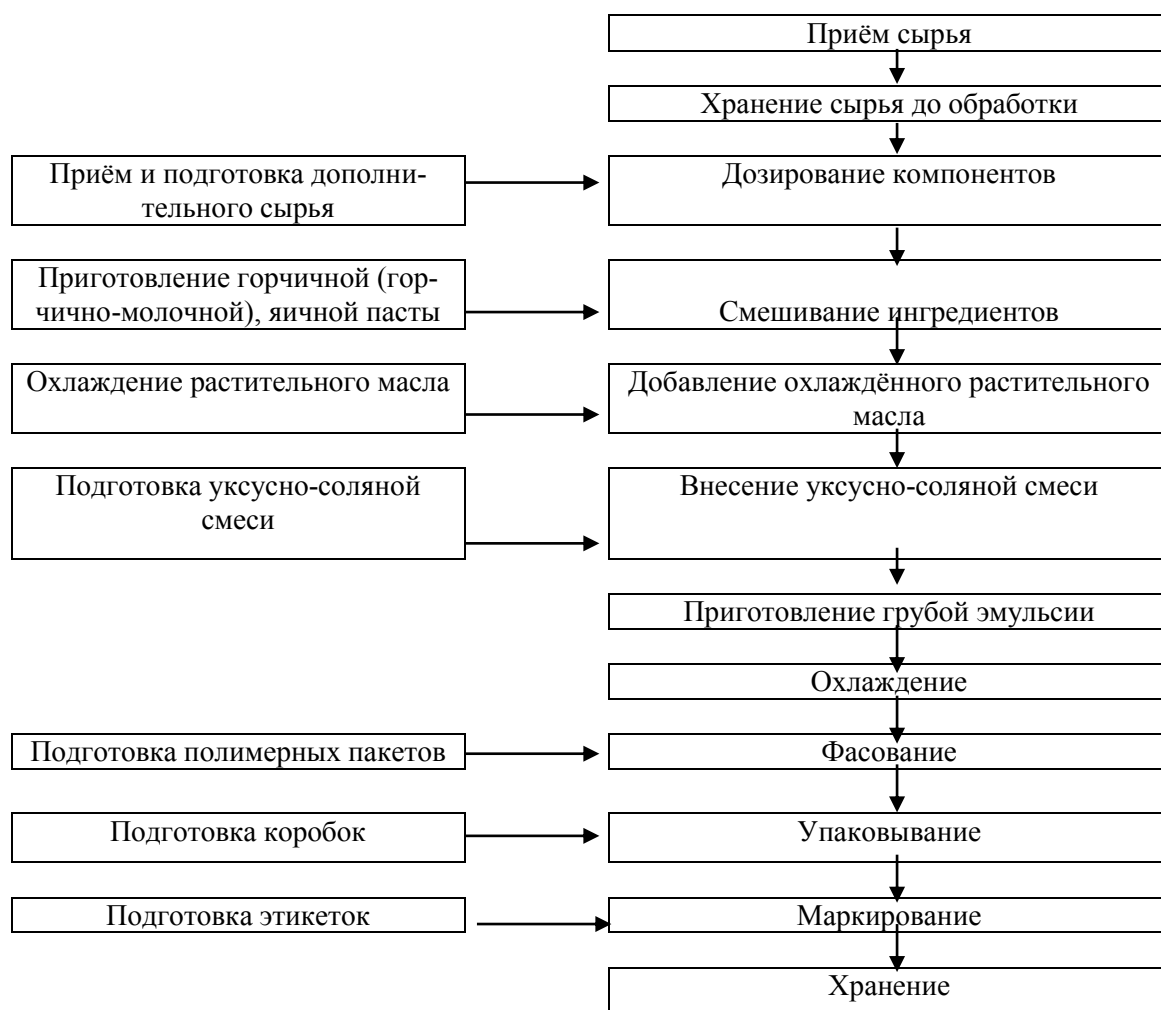


Рисунок 8. Технологическая схема производства майонеза периодическим способом

Т а б л и ц а 14

Результаты органолептической оценки майонез № 8

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	4	5	5	5	4	4	5	4,63	3,24
Внешний вид	0,8	5	4	5	5	4	5	5	4	4,63	3,70
Запах	0,6	4	5	4	5	4	4	5	5	4,50	2,70
Вкус	0,9	4	4	5	4	5	5	4	4	4,38	3,94
Итого	3,0	18	17	19	19	18	18	18	19	18,14	13,58

Т а б л и ц а 15

Рецептура бесхолестеринового майонеза

Наименование компонента	Белковый изолят (влажностью 50 %)	Масло растительное	Соль	Сахар-песок	Горчица	Уксус (9%)
Массовая доля компонента, %	41,06	52,08	0,70	1,80	0,70	3,00

Перед изготовлением майонеза проводили микробиологические исследования сырья, фарша из мяса сайки, изолята белка из мяса сайки. Представленные образцы были признаны соответствующими СанПиН 2.3.2.1078-2001.

Непосредственно после изготовления и в процессе хранения через 10, 20, 30 и 39 суток проводили органолептические, физико-химические и микробиологические исследования готового продукта - майонеза бесхолестеринового.

Изменение физико-химических показателей майонеза на основе изолированного белка из мяса сайки представлено в таблице 16.

Результаты органолептической оценки бесхолестеринового майонеза на основе изолированного белка из мяса сайки в день выработки и на 39-сутки хранения представлены в таблицах 17 и 18 соответственно.

Результаты органолептической оценки образцов бесхолестеринового майонеза в день выработки и на 39-сутки свидетельствуют об их приемлемости. Наблюдается незначительное ухудшение уровня качества от 98,87 до 98,07 %.

В процессе хранения опытной партии бесхолестеринового майонеза при температуре наблюдаются высокие качественные характеристики продукта в течение 39-суточного хранения как субъективных (органолептика), так и объективных показателей. Анализ микробиологических показателей свидетельствует о росте количества мезофильно аэробных и

факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ) от $4,5 \cdot 10^2$ до $7,8 \cdot 10^3$ КОЕ/г, что не превышает соответствующую норму ($1 \cdot 10^4$).

По результатам проведённых исследований качества нового продукта в процессе хранения установлены следующие сроки его годности: при температуре от 3 до плюс 5 °С до - 30 суток. По ряду объективных причин готовый продукт был снят с дальнейшего хранения.

Разработанная технология изготовления изолированного белка из мяса сайки (полярной тресочки) и созданная на этой основе технология бесхолестеринового майонеза могут быть использованы на предприятиях рыбоперерабатывающей промышленности различных форм собственности.

По результатам научно-исследовательских работ был разработан проект нормативной документации по производству бесхолестеринового майонеза на основе изолята рыбного белка (ТУ и ТИ).

Фотография нового продукта представлена на рисунке 11.



Рисунок 10. Технологическая схема производства бесхолестеринового майонеза на основе мяса сайки

Физико-химические показатели майонеза на основе изолированного белка из мяса сайки

Наименование показателя	Значение показателя по НД	Срок хранения продукта, день				
		0	10	20	30	39
ПЧ, ммоль активного кислорода/кг	не более 10	2,40	2,60	2,62	2,74	2,74
Протеин, %	-	20,53	-	-	-	-
Массовая доля влаги, %	-	24,60	-	-	-	-
Массовая доля жира %	от 40 до 55	52,08	-	-	-	-
Массовая доля поваренной соли, %	от 0,5 до 0,9	0,70	-	-	-	-
Кислотность в пересчёте на уксусную кислоту, %	не более 1,0	0,62	0,62	0,63	0,63	0,63
Стойкость эмульсии, %	не менее 98	99,9	99,9	99,8	99,6	99,6

Т а б л и ц а 17

Результаты органолептической оценки майонеза в день выработки

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	3,50
Внешний вид	0,8	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	4,00
Запах	0,6	5	4	5	5	5	5	5	5	4,88	2,93
Вкус	0,9	5	5	5	4	5	5	5	5	4,88	4,40
Итого	3,0	20	19	20	19	20	20	20	20	19,76	14,83

Т а б л и ц а 18

Результаты органолептической оценки майонеза на 39-сутки

Показатель качества	Коэффициент значимости, $K_{зн}$	Оценки дегустаторов, балл								Средний балл	Средний балл с учетом $K_{зн}$
		1	2	3	4	5	6	7	8		
Консистенция	0,7	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	3,50
Внешний вид	0,8	5	5	5	5	5	5	5	5	5,00	4,00
Запах	0,6	5	5	5	4	5	5	5	5	4,88	2,93
Вкус	0,9	4	5	5	5	4	5	5	5	4,75	4,28
Итого	3,0	20	19	20	19	20	20	20	20	19,76	14,71



Рисунок 11. Бесхолестериновый майонез на основе изолированного белка из мяса сайки

Разработка технологии мясорыбных сосисок с использованием изолята из мяса путассу. Варёные мясные колбасные изделия пользуются большой популярностью у населения благодаря их приятному вкусу, нежной консистенции, высокой пищевой ценности (прежде всего, за счёт большого содержания полноценных белков). Традиционные мясные варёные колбасы, сосиски и сардельки, несмотря на все их достоинства, имеют и ряд не-

достатков, в том числе высокую себестоимость мясного сырья, большое содержание насыщенных жиров, некоторое присутствие токсичных продуктов пиролиза древесины, в т.ч., в ряде случаев – и канцерогенных полициклических ароматических углеводородов. Решение экономической составляющей в настоящее время преимущественно связано введением в рецептуру колбас соевого белка, усилителей вкуса и стабилизаторов консистенции вместо значительной части мясной составляющей. Тем не менее, такой подход нельзя назвать безупречным: во-первых, соевый белок имеет принципиально другую природу, он может вызывать аллергии, во-вторых, значительная часть соевого белка, присутствующего на рынке, была получена из генетически модифицированной сои, и даже если не обращать внимание на гипотетическую опасность белка генетически модифицированных организмов, то нужно помнить, что генная модификация сои проводилась, прежде всего, для обеспечения возможности применения гербицида глифосфата, который, по последним данным, может

обладать токсичным и даже канцерогенным действием [8]. Решением этих недостатков может быть применение сырья водного происхождения в рецептуре варёных колбасных изделий. Липиды гидробионтов обладают высокой биологической ценностью, предотвращают риск развития сердечно-сосудистых заболеваний и, таким образом, компенсируют потенциальный вред жиров наземных животных. Белок рыбы является полноценным животным белком, т.е. его природа не очень сильно отличается от мясного белка, который потребитель ожидает найти в мясных колбасных изделиях.

Первоначальные разработки предполагали внесение жира печени трески в рецептуру колбасных изделий. На данном этапе было вы-

явлено, что для стабилизации консистенции следует использовать картофельный крахмал и яичный желток. Следующий этап предполагал внесение в рецептуру изделий рыбной белковой составляющей. Было разработано три варианта технологии мясорыбных сосисок: с использованием жира печени трески и фарша минтая, жира печени трески и рыбного белкового изолята (РБИ) на основе мяса путассу; бланшированного полуфабриката печени трески [9] и РБИ на основе мяса путассу. Наилучшие оценки на дегустациях показал последний вариант. Технологическая схема производства мясорыбных сосисок, получивших название «Спасательный круг», представлена на рисунке 11, а рецептура приведена в таблице 18.

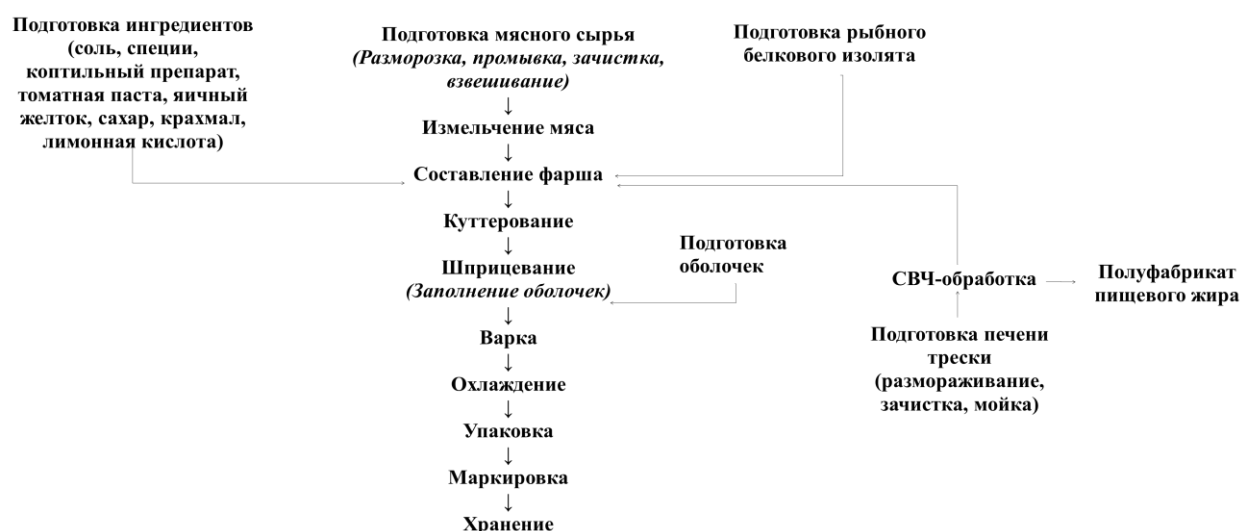


Рисунок 11. Технологическая схема производства сосисок «Спасательный круг»

Т а б л и ц а 18
Рецептура сосисок «Спасательный круг»

Компонент рецептуры	Количество, г/100 г несоленого сырья
Свинина жилованная	65
Изолят белковый рыбный	10
Печень трески бланшированная	7
Крахмал картофельный	8
Соль поваренная пищевая	2
Черный перец	0,2
Душистый перец	0,2
Сахар-песок	0,1
Паста томатная	10
Яичный желток	20
Копильный препарат	1 (1:10)
Лимонная кислота	0,5

Вносимые в рецептуру томатная паста и лимонная кислота обеспечивали некоторое цветообразование без добавления нитрита натрия,

который обладает токсичными свойствами и может приводить к образованию канцерогенных N-нитрозаминов. В качестве копильного препарата использовался препарат Antonio Silver, содержащий очень малое (следовое) количество полициклических ароматических углеводородов [10]. Таким образом, полученный продукт можно считать соответствующим принципам здорового питания в предположении, что он будет употребляться в пищу не самостоятельно, а в сочетании с продуктами, богатыми пищевыми волокнами. Изготовленные таким образом сосиски получили высокую оценку на дегустациях, проводимых на кафедре ТПП.

Выводы:

1. Разработан способ изготовления изолированного белка из малоценного рыбного сырья - сайки (полярной тресочки) и на основе ИРБ создана технология бесхолестеринового майонеза, имеющего повышенные качественные характеристики.

2. Обоснована целесообразность применения щелочно-кислотного гидролиза с целью получения рыбного изолята, для увеличения выхода белка, обладающего ценными функциональными свойствами (стабилизация эмульсий, гелеобразующие свойства, водорастворимость).

3. Определены наиболее значимые технологические факторы, влияющие на выход и физико-химические показатели изолята рыбного белка из мяса сайки - параметры процесса промывания фарша и процесса гидролиза.

4. Получено уравнение регрессии процесса гидролиза, описывающее влияние изменения температуры выдерживания и pH суспензии на наиболее значимые показатели качества - массовую долю белка, выход изолята (по фаршу), растворимость изолята.

5. Методом математической обработки установлены оптимальные значения факторов, влияющих на качество изолята рыбного белка в процессе гидролиза, $t = 98^\circ\text{C}$ и $\text{pH} = 11,75$.

6. Определено оптимальное количество промывочных циклов для мяса сайки, составляющее 4 - для сайки со сроком хранения до четырех месяцев, 6 - со сроком хранения более четырех месяцев.

7. Проведён анализ изолята, изготовленного на основе установленных оптимальных технологических параметров, по комплексу органолептических, физических, химических и микробиологических показателей.

8. Разработана рецептура изготовления бесхолестеринового майонеза, с выбором в качестве основного эмульгирующего компонента изолята белка из мяса сайки, на основе проведённых физико-химических и сенсорных исследований.

9. Подтверждена высокая эмульгирующая способность изолята рыбного белка в мелкодисперсной эмульсии типа «масло в воде» - при повышении массовой доли изолята на 0,6 %, эмульгирующая способность повышается на 1,85 %.

10. По результатам комплексных исследований бесхолестеринового майонеза в процессе длительного хранения установлен срок годности продукта -30 суток при температуре от 3 до 5°C .

11. Разработан проект Технических условий на «Бесхолестериновый майонез на основе белка из мяса сайки» и проект Технологической инструкции на его изготовление.

12. Разработана технология сосисок мясорыбных «Спасательный круг» на основе нежирной свинины, печени трески и рыбного белкового изолята.

ЛИТЕРАТУРА

1 Гроховский В. А. Научное обоснование и разработка инновационных технологий производства продуктов из гидробионтов Арктического региона: дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.04 : защищена 21.12.2012 : утв. 29.04.2013. Мурманск, 2012. 362 с.

2 Различия разновидностей протеина (изолят, концентрат, сывороточный, казеин) [Электронный ресурс] // LifeInSoul.ru. Режим доступа: <http://lifeinsoul.ru/read/razlichiya-raznovidnostey-proteina-izolyat-kontsentrat-syvorotochnyy-kazein>.

3 Решетников М. Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: учеб. пособие. Томск : Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2000. 231 с.

4 Gholam R. S. Evaluation and utilisation of fish protein isolate products. Master thesis in food science. Reykjavik, 2008. 108 p.

5 Пат. 6005073 США, МПК А 23 J 1/02, А 23 J 1/04, А 23 J 3/04. Protein composition isolated from a muscle source / Hultin H.O., Kelleher S.D. № US 19970797929, Заявл. 12.02.1997; Оpubл. 21.12.1999.

6 Быков В. П. Изменение мяса рыбы при холодильной обработке: автолитические и бактериальные процессы. М. : Агропромиздат, 1987. 219 с.

7 Толсторебров И. Н., Ершов А. М. Способ получения фарша заданных характеристик из мелкой рыбы // Вестник МГТУ. 2006. Т. 9. № 4. С. 714–716.

8 Guyton K.Z. Carcinogenicity of tetra-chlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate // The Lancet Oncology. 2015. V. 16. № 5. P. 490–491.

9 Несвященко С. С., Волченко В. И., Темиржанова К. С., Горбонос М. О. и др. Использование печени трески и ее жира в технологии многокомпонентных пищевых продуктов // Вестн. Междунар. акад. холода. 2015. № 1. С. 20–25.

10 Никонова А. С., Иваней А. А. Способ получения копильного препарата с использованием ультразвука [Электронный ресурс] // Наука и образование – 2012: материалы междунар. науч.-техн. конф., Мурманск, 2–6 апреля 2012 г. С. 632–635. Режим доступа: <http://www.mstu.edu.ru/science/actions/conferences/files/nio2012-9.pdf>.

11 Бараненко Д.А., Салами М. Изменение белковой фракции говядины в цикле «замораживание-хранение-тепловая обработка» // Вестник Международной академии холода. 2014. № 4. с. 15-18.

12 Колодязная В.С., Булькран М.С. Кинетика реакций превращения органических кислот при холодильном хранении цитрусовых плодов Ортаник. // Вестник Международной академии холода. 2014. № 4. с. 22-25.

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

REFERENCES

1 Grokhovsky V.A. Nauchnoye obosnovaniye i razrabotka innovatsionnyh tehnologiy proizvodstva produktov iz gidrobiontov. Diss. doktora techn. nauk [Scientific substantiation and development of innovation technologies of products from Arctic region hydrobionts. Dr. tech. sci. diss.] Murmansk, 2012. 362 p. (In Russ.)

2 Razlichiya raznovidnostej proteina (izolyat, koncentrat, syvorotochnyj, kazein) [Differences of protein kinds: isolate, whey protein, casein]. Available at: <http://lifeinsoul.ru> (Accessed 25 May 2015) (In Russ.)

3 Reshetnikov M. T. Planirovanie e'ksperimenta i statisticheskaya obrabotka dannyh : ucheb. posobie [Experimental planning and statistical data processing], Tomsk, 2000, 231 p. (In Russ.)

4 Gholam R. S. Evaluation and utilisation of fish protein isolate products. Master thesis in food science. Reykjavik, October 2008, 108 p.

5 Hultin H.O, Kelleher S. D. Process for isolating a protein composition from a muscle source and protein composition. U.S. Patent 6,005,073, December 21, 1999.

6 Bykov V.P. Izmenenie myasa ryby pri holidil'noj obrabotke: avtoliticheskie i bakterial'nye process [Fish meat changes during refrigerative storage], Moscow, 1987, 219 p. (In Russ.)

7 Tolstorebrov I.N., Ershov A.M. Spособ polucheniya farsha zadannyh harakteristik iz melkoj ryby [The way to produce the mince with the specified characteristics from small fish], *Vestnik MGTU* [The messenger of the Murmansk State Technical University], vol. 9, no. 4, pp. 714-716. (In Russ.)

8 Carcinogenicity of tetrachlorvinphos, parathion, malathion, diazinon, and glyphosate». *The Lancet Oncology* 16 (5): 490-491. DOI:10.1016/S1470-2045(15)70134-8. ISSN 14702045

9 Nesvyashhenko S.S., Volchenko V.I., Temirzhanova K. S., Gorbonos M.O., Pankratova K. A. Ispol'zovanie pecheni treski i ee zhira v tehnologii mnogokomponentnyh pishhevyyh produktov [Using the cod liver and its oil in the technology of multicomponent food products], *Vestnik mezhdunarodnoy akademii holoda* [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2015, no.1, p. 20-25. (In Russ.)

10 Nikonova A.S, Ivanej A.A. Spособ polucheniya koptil'nogo preparata s ispol'zovaniem ul'trazvuka [The way of producing the smoke preparation using ultrasound] *Nauka i obrazovanie-2012: materialy mezhdunarodnoy nauchno-tehnicheskoy konferencii* [Materials of the international scientific and technical conference], Murmansk, 2012, p. 632-635. Electronic resource, registration no. 0321201102 from 20 February 2012 by Informregistr (In Russ.)

11 Baranenko D.A., Salami M. Changes of beef protein fraction in “freezing - storage - heat treatment” cycle. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2014, no 4, pp. 15-18. (In Russ.).

12 Kolodyaznaya V.S., Boulkrane M.S. Transformation's kinetic reaction of organic acids during the cold storage of Tangor (Ortanique). *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2014, no 4, pp. 22-25. (In Russ.).

13 Pelenko V.V., Zuev N.A., Olszewsky R.G., Ivanenko V.P., Krysin A.G. Evaluation of meat grinder performance depending on their design and physical and mechanical properties of raw-material. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2015, no 1, pp. 9-15. (In Russ.).

Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология

УДК 611.53

Профессор С.Г. Тихомиров, доцент Ю.В. Пятаков,
(Воронеж. гос.ун-т инж. технол.) кафедра информационных и управляющих систем.
тел. (4732) 55-38-75

профессор О.В. Карманова, доцент В.И. Молчанов
(Воронеж. гос.ун-т инж. технол.) кафедра химии и химической технологии и органических соединений и переработки полимеров. тел. (4732) 49-92-37

Professor S.G. Tikhomirov, associate Professor Yu.V. Pyatakov
(Voronezh state university of engineering technology)
Department of information and control systems. phone (4732) 55-38-75

professor O.V. Karmanova, associate Professor V.I. Molchanov
(Voronezh state university of engineering technology) Department of chemistry and chemical technology, and organic compounds and polymer processing. phone (4732) 49-92-37

Численный алгоритм расчета температурных полей пневматических шин в процессе вулканизации

The numerical algorithm for calculating temperature fields of the pneumatic tires during vulcanization

Реферат. В статье рассматривается математическая постановка и алгоритм численного решения задачи расчета температурного поля в вулканизируемом изделии, теплофизические характеристики которого зависят от температуры. В качестве математической модели рассмотрена система дифференциальных уравнений теплопроводности, учитывающая изменение коэффициентов теплопроводности и плотности тепловыделения многослойного изделия от температуры. Система уравнений решается при заданном начальном распределении температуры и заданных (зависящих от времени) значениях температуры на границе изделия с пресс-формой и диафрагмой. На границе контактов смежных слоев заданы условия непрерывности температуры и теплового потока. Изменение коэффициентов теплопроводности от времени аппроксимируется с помощью линейных функций. Величина энергии активации процесса вулканизации определяется на основе экспериментальных данных, полученных при контрольных испытаниях образцов с помощью реометра. Введя в рассмотрение функции, представляющие собой соответствующие интегралы от коэффициентов теплопроводности, исходная система дифференциальных уравнений преобразуется к эквивалентной системе дифференциальных уравнений, удобной для построения численного алгоритма решения задачи. Полученная система дифференциальных уравнений в частных производных с помощью метода конечно-разностной аппроксимации заменяется на систему алгебраических уравнений. Решение системы алгебраических уравнений осуществляется по схеме явной разностной аппроксимации. В статье выполнены расчеты температурного поля для пневматической шины при заданных начальных и граничных условиях. Устойчивость и точность полученного численного алгоритма решения задачи демонстрируется расчетами, выполненными с разными значениями шага дискретизации по временной и пространственным координатам. Оценка степени завершенности процесса вулканизации осуществляется по рассчитанному эквивалентному времени вулканизации для значения температуры, принятой в качестве эквивалентной. Разработанный алгоритм является важной составной частью алгоритма решения задачи определения оптимального режима вулканизации, обеспечивающего требуемое (заданное) качество продукции при наименьших затратах, что весьма актуально в условиях непрерывного роста цен на энергоресурсы.

Summary. In the article discussed the mathematical formulation and numerical algorithm for solving the problem of calculating the temperature field in the process vulcanizing of the product, whose the thermal characteristics are depended on the temperature. As a mathematical model considered the system of differential equations of heat conduction, taking into account the change in the coefficients of thermal conductivity and heat density in multilayer product of the temperature. The system of equations is solved for a given initial distribution of temperature and for a given (time-dependent) temperatures on the border of the product to the press-mold and to the diaphragm. On the border of the contacts of adjacent layers are given the condition of continuity of temperature and heat flux. Change of the thermal conductivity from the time is approximated by linear functions. The activation energy of the vulcanization process is determined on the basis of experimental data obtained in the control test samples using a reometer. Considering the function representing the corresponding integrals of the thermal conductivity, the original system of differential equations is transformed to an equivalent system of differential equations convenient for constructing numerical algorithms for solving the problem. The resulting system of partial differential equations derived using the method of finite-difference approximation is replaced by a system of algebraic equations. Solution of the system of algebraic equations is carried out under the scheme explicit difference approximation. In the article calculated the temperature field for the tire at given initial and boundary conditions. Stability and accuracy of the numerical algorithm for solving the problem is demonstrated by the calculations performed with different sampling step along the time and space coordinates. Assessment of the degree of completion of the process is carried out by calculated equivalent time for temperature values, accepted as equivalent. The developed algorithm is an important part of the algorithm for solving the problem of determining the optimal mode of curing, providing the required quality products at the lowest cost, which is very important in conditions of continuous growth in energy prices.

Ключевые слова: вулканизация, температурное поле, начальные и граничные условия, пневматическая шина, устойчивость решения.

Keywords: vulcanization, temperature field, initial and boundary conditions, the pneumatic tire, stability of the solution.

© Тихомиров С.Г., Пятаков Ю.В.,
Карманова О.В., Молчанов В.И., 2015

Вулканизация многоэлементных изделий сложной конфигурации, например покрышек, представляет собой сложнейший вариант теплового процесса [1]. Расчет температурных полей в вулканизируемом изделии, теплофизические характеристики которого зависят от температуры, является одной из наиболее важных задач теплофизики. Решение этой задачи позволяет моделировать процессы вулканизации изделий с целью неразрушающего контроля их качества, рассчитывать продолжительность процессов в широком диапазоне температур и оптимумов вулканизации с учетом теплофизических свойств и геометрических параметров объектов. [2].

Произведем постановку задачи. В качестве математической модели процесса вулканизации рассмотрим систему уравнений теплового баланса вида:

$$c_k \rho_k \partial T(t, \mathbf{x}) / \partial t = \nabla [\lambda_k(T) \nabla T(t, \mathbf{x})] + q_k(t, \mathbf{x}), \mathbf{x} \in V_k, \quad k=1, 2, \dots, K; \quad (1)$$

где $c_k, \rho_k, \lambda_k(T)$ соответственно удельная теплоемкость, плотность, теплопроводность k -го слоя; $T(t, \mathbf{x}), q_k(t, \mathbf{x})$ - температура и плотность тепловыделения в точке $\mathbf{x}$ k -го слоя в момент времени t ; $q_k(t, \mathbf{x}) = q_k^{сум} \cdot \exp[E_k \cdot (T(t, \mathbf{x}) - T_s) / (R \cdot T(t, \mathbf{x}) \cdot T_s)]$, $q_k^{сум}$ - суммарное количество тепла, выделяемое в k -м слое; E_k - энергия активации процесса вулканизации k -го слоя; R - универсальная газовая постоянная; T_s - эквивалентная температура, к которой приводятся результаты неизотермической вулканизации [1-5].

Систему уравнений (1) дополним:

- начальными условиями:

$$T(0, \mathbf{x}) = T_0, \quad (2)$$

где T_0 - начальная температура, которая зависит от времени года и соответствует температуре в сборочном цехе;

- граничными условиями:

$$T(t, \mathbf{x}) = \varphi_1(t, \mathbf{x}), \mathbf{x} \in S_1; \quad (3)$$

$$T(t, \mathbf{x}) = \varphi_2(t, \mathbf{x}), \mathbf{x} \in S_2, \quad (4)$$

где S_1 - поверхность контакта пресс-форма-теплоноситель, S_2 - поверхность контакта диафрагма-теплоноситель;

- контактными условиями в точках, принадлежащим поверхностям соприкосновения разнородных слоев:

$$\lim_{\mathbf{x}' \rightarrow \mathbf{x}} T(t, \mathbf{x}') = \lim_{\mathbf{x}'' \rightarrow \mathbf{x}} T(t, \mathbf{x}''), \quad (5)$$

$$\lim_{\mathbf{x}' \rightarrow \mathbf{x}} \lambda_k(T(t, \mathbf{x}')) \partial T(t, \mathbf{x}') / \partial \mathbf{n} = \lim_{\mathbf{x}'' \rightarrow \mathbf{x}} \lambda_{k+1}(T(t, \mathbf{x}'')) \partial T(t, \mathbf{x}'') / \partial \mathbf{n}. \quad (6)$$

В (5), (6) $\mathbf{x}' \in V_k, \mathbf{x}'' \in V_{k+1}, \mathbf{x} \in S_{k+2}, S_{k+2}$ - поверхность контакта смежных слоёв V_k и V_{k+1} , $\mathbf{n}$ -вектор нормали к S_{k+2} ; $k=1, 2, \dots, K-1$; K - количество разнородных материалов, входящих в расчетную модель.

Зависимость теплопроводности от температуры будем аппроксимировать линейными функциями вида:

$$\lambda_k(T) = a_k - b_k \cdot T, \quad (7)$$

где a_k, b_k - константы.

Величину энергии активации определим по данным контрольных испытаний образцов смеси, полученных при изотермических условиях вулканизации (рисунок 1):

$$E_k = \frac{(T_2 + 273,15) \cdot (T_1 + 273,15)}{T_2 - T_1} \cdot \ln \frac{t''}{t'},$$

где t' - время достижения максимального значения динамического модуля $M(t)$ при температуре T_1 ; t'' - время достижения максимального значения динамического модуля $M(t)$ при температуре T_2 .

Степень завершенности процесса вулканизации $X(t)$ в точке $\mathbf{x}$ k -го слоя в момент времени t будем оценивать по формуле:

$$X(t) = \frac{M(t_s(t)) - M_0}{M_{\max} - M_0}, \quad (8)$$

где $t_s(t)$ - эквивалентное время вулканизации при температуре $T_1=190$ °C:

$$t_s(t) = \int_0^t e^{\frac{E_k}{R} \left(\frac{1}{T_1 + 273,15} - \frac{1}{T(\tau) + 273,15} \right)} d\tau,$$

$M(t)$ - текущее, $M_0, M_{\max}$ - соответственно, минимальное и максимальное значение динамического модуля M при $T_1=190$ °C (рисунок 1), $T(\tau)$ - текущее значение температуры в точке $\mathbf{x}$ в момент времени τ в °C.

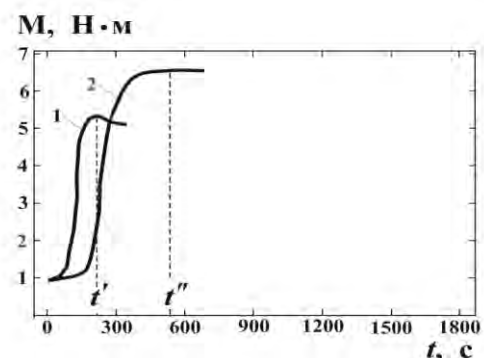


Рисунок 1. Кинетика вулканизации k -го слоя по экспериментальным данным, полученным с помощью реометра. 1-график зависимости динамического модуля $M(t)$ от времени при температуре $T_1=190$ °C; 2-график $M(t)$ при температуре $T_2=170$ °C

Далее приведено решение системы уравнений (1)-(6). Введем в рассмотрение функции $\Lambda_k(T)$, определенные следующим

$$\text{образом: } \Lambda_k(T) = \int_{T_0}^T \lambda_k(\tau) d\tau.$$

Тогда система уравнений теплопроводности (1) примет вид:

$$c_k \rho_k \partial T(t, \mathbf{x}) / \partial t = \Delta \Lambda_k(t, \mathbf{x}) + q_k(t, \mathbf{x}), \mathbf{x} \in V_k, \quad (9)$$

где $\Delta = \nabla^2$ - оператор Лапласа, $\Lambda_k(t, \mathbf{x}) = \Lambda_k(T(t, \mathbf{x}))$.

Начальное условие (2) примет вид:

$$\Lambda_k(0, \mathbf{x}) = 0, k=1, 2, \dots, K. \quad (10)$$

Граничные условия (3), (4) примут вид:

$$\Lambda(t, \mathbf{x}) = \Lambda^{(1)}(t, \mathbf{x}), \mathbf{x} \in S_1; \quad (11)$$

$$\Lambda(t, \mathbf{x}) = \Lambda^{(2)}(t, \mathbf{x}), \mathbf{x} \in S_2, \quad (12)$$

где $\Lambda^{(1)}(t, \mathbf{x}) = \Lambda_m(\varphi_1(t, \mathbf{x}))$, m - номер слоя, граница которого в точке $\mathbf{x}$ совпадает с S_1 ; $\Lambda^{(2)}(t, \mathbf{x}) = \Lambda_n(\varphi_2(t, \mathbf{x}))$, n - номер слоя, граница которого в точке $\mathbf{x}$ совпадает с S_2 .

Контактные условия (5), (6) примут вид:

$$\Lambda_k^{-1}(t, \mathbf{x}) \Big|_{\mathbf{x} \in S_{k+2}} = \Lambda_{k+1}^{-1}(t, \mathbf{x}) \Big|_{\mathbf{x} \in S_{k+2}}; \quad (13)$$

$$\frac{\partial \Lambda_k(t, \mathbf{x})}{\partial n} \Big|_{\mathbf{x} \in S_{k+2}} = \frac{\partial \Lambda_{k+1}(t, \mathbf{x})}{\partial n} \Big|_{\mathbf{x} \in S_{k+2}} \quad (14)$$

Учитывая форму объекта моделирования, систему уравнений (9) удобно записать в цилиндрической системе координат (рисунок 2).

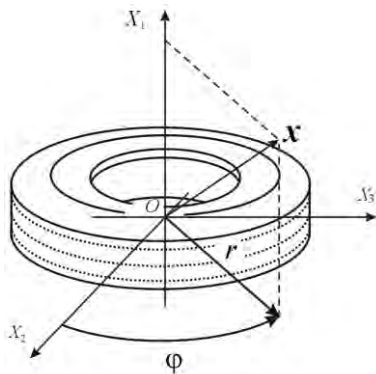


Рисунок 2. Объект моделирования

Пренебрегая в первом приближении формой рисунка протектора, можно считать, что шина имеет осесимметрическую форму. Тогда система уравнений (9) будет иметь вид:

$$c_k \rho_k \frac{\partial T(t, r, h)}{\partial t} = \frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r, h)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Lambda_k(t, r, h)}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r, h)}{\partial h^2} + q_k(t, r, h), \quad (15)$$

где $h = x_1$.

Решение системы уравнений (10)-(15) будем осуществлять с помощью метода их конечно-разностной аппроксимации на системе точек $\{t^{(m)}, x_{j,i}\}$, где $t^{(m)} = t^{(m-1)} + \Delta t$; $t^{(0)} = 0$; $m=1, 2, \dots, M_t$, Δt - шаг дискретизации по времени, $x_{j,i} = (r_{j,i}, h_{j,i})$, $i=1, 2, \dots, N$; $j=1, 2, \dots, K_t$. Точки $x_{1,i}$, $x_{2,i}, \dots, x_{K_t,i}$; $i=1, 2, \dots, N$ расположены на отрезках $[x_{1,i}, x_{K_t,i}]$, $x_{1,i} \in S_1$, $x_{K_t,i} \in S_2$ (рисунок 3).

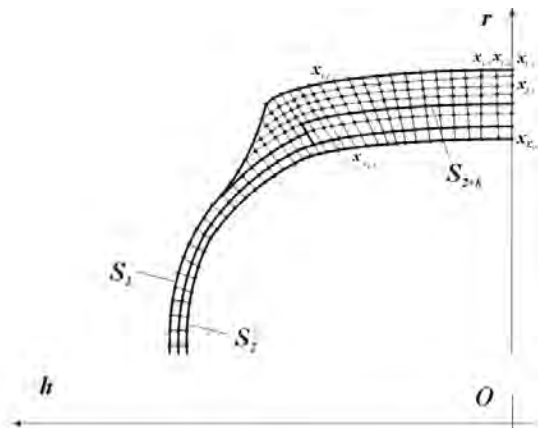


Рисунок 3. Расположение точек $x_{j,i} = (r_{j,i}, h_{j,i})$

Выполним конечно-разностную аппроксимацию дифференциального оператора в правой части (15) в точке $\{t^{(m)}, x_{j,i}\}$.

Для этого перенесем начало системы координат Orh в точку $x_{j,i}$ и выполним ее ортогональное вращение таким образом, чтобы ось $O'h'$ новой системы координат $O'r'h'$ совпала с прямой, проходящей через точки $x_{j+1,i}$, $x_{j,i}$, $x_{j-1,i}$ (рисунок 4).

Введем обозначения:

$$\Lambda_{r'} = \partial \Lambda / \partial r', \Lambda_{r'r'} = \partial^2 \Lambda / \partial r'^2, \Lambda_{h'} = \partial \Lambda / \partial h',$$

$$\Lambda_{h'h'} = \partial^2 \Lambda / \partial h'^2, \Lambda_{r'h'} = \partial^2 \Lambda / \partial r' \partial h'.$$

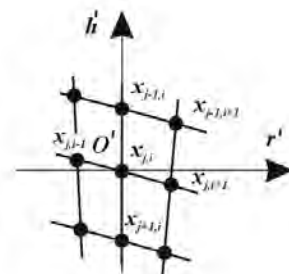


Рисунок 4. Расположение точек в системе координат $O'r'h'$.

Разложим функцию $\Lambda_k(t, \mathbf{x})$ в окрестности точки $\mathbf{x}_{j,i}$ в ряд Тейлора и, ограничившись членами второго порядка малости относительно $\Delta h'_1$, $\Delta h'_2$, получим систему уравнений для определения $\Lambda_{h'}$, $\Lambda_{h'h'}$:

$$\begin{cases} \Delta h'_1 \cdot \Lambda_{h'} + \Delta h_1^2 / 2 \cdot \Lambda_{h'h'} = f_1, \\ \Delta h'_2 \cdot \Lambda_{h'} + \Delta h_2^2 / 2 \cdot \Lambda_{h'h'} = f_2, \end{cases} \quad (16)$$

где $\Delta h_1 = h'_{j-1,i} - h'_{j,i}$, $\Delta h_2 = h'_{j+1,i} - h'_{j,i}$,
 $f_1 = \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j-1,i}) - \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i})$,
 $f_2 = \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j+1,i}) - \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i})$.

Аналогично, используя соответствующие разложения $\Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x})$, получим систему уравнений для определения $\Lambda_{r'}$, $\Lambda_{r'r'}$, $\Lambda_{r'h'}$:

$$\begin{cases} \Delta r'_3 \cdot \Lambda_{r'} + \Delta r_3 \cdot \Delta h_3 \cdot \Lambda_{r'y'} + \Delta r_3^2 / 2 \cdot \Lambda_{r'r'} = f_3, \\ \Delta r'_4 \cdot \Lambda_{r'} + \Delta r_4 \cdot \Delta h_4 \cdot \Lambda_{r'y'} + \Delta r_4^2 / 2 \cdot \Lambda_{r'r'} = f_4, \\ \Delta r'_5 \cdot \Lambda_{r'} + \Delta r_5 \cdot \Delta h_5 \cdot \Lambda_{r'y'} + \Delta r_5^2 / 2 \cdot \Lambda_{r'r'} = f_5, \end{cases} \quad (17)$$

где $\Delta h_3 = h'_{j-1,i+1} - h'_{j,i}$, $\Delta r_3 = r'_{j-1,i+1} - r'_{j,i}$, $\Delta h_4 = h'_{j,i+1} - h'_{j,i}$,
 $\Delta r_4 = r'_{j,i+1} - r'_{j,i}$, $\Delta h_5 = h'_{j,i-1} - h'_{j,i}$, $\Delta r_5 = r'_{j,i-1} - r'_{j,i}$,
 $f_3 = \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j-1,i+1}) - \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i}) - \Delta h_3 \Lambda_{h'} - \Delta h_3^2 / 2 \cdot \Lambda_{h'h'}$,
 $f_4 = \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i+1}) - \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i}) - \Delta h_4 \cdot \Lambda_{h'} - \Delta h_4^2 / 2 \cdot \Lambda_{h'h'}$,
 $f_5 = \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i-1}) - \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i}) - \Delta h_5 \cdot \Lambda_{h'} - \Delta h_5^2 / 2 \cdot \Lambda_{h'h'}$.

Учитывая инвариантность оператора $\frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r, h)}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r, h)}{\partial h^2}$ относительно переноса начала системы координат Orh и относительно ее ортогонального вращения, вокруг точки O' получим:

$$\frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r, h)}{\partial r^2} + \frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r, h)}{\partial h^2} = \frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r', h')}{\partial r'^2} + \frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r', h')}{\partial h'^2}. \quad (18)$$

Соответственно:

$$\partial \Lambda_k(t, r, h) / \partial r = \Lambda_{r'} \cdot n_1 + \Lambda_{h'} \cdot n_2, \quad (19)$$

где n_1 , n_2 - направляющие косинусы вектора $\vec{Or}$ в системе координат $O'r'h'$.

Таким образом, выражение для аппроксимации дифференциального оператора в правой части (15) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r, h)}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \Lambda_k(t, r, h)}{\partial r} + \frac{\partial^2 \Lambda_k(t, r, h)}{\partial h^2} + q_k(t, r, h) \approx & b_{j,i} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i}) + \\ & + b_{j,i+1} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i+1}) + b_{j,i-1} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i-1}) + b_{j-1,i+1} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j-1,i+1}) + \\ & + b_{j-1,i} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j-1,i}) + b_{j+1,i} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j+1,i}) + q_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i}) \end{aligned}$$

где коэффициенты $b_{j,i}$ определяются подстановкой вычисленных, путем решения систем уравнений (16), (17), значений $\Lambda_{h'}$, $\Lambda_{h'h'}$, $\Lambda_{r'}$, $\Lambda_{r'r'}$, $\Lambda_{r'h'}$ в выражения (18), (19).

Учитывая, что $\lambda_k(T)$ является медленно меняющейся функцией температуры, решение системы (10)-(15) во внутренних точках k -го слоя ($\mathbf{x}_{j,i} \in V_k \setminus \partial V_k$) при шаге дискретизации по времени:

$$\Delta t \leq c_k \rho_k \Delta^2 / (4a_k) \quad (20)$$

можно осуществить, используя явную разностную схему:

$$\begin{aligned} T(t^{(m+1)}, \mathbf{x}_{j,i}) = & T(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i}) + \Delta t (c_k \rho_k)^{-1} [b_{j,i} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i}) + \\ & + b_{j,i+1} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i+1}) + b_{j,i-1} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i-1}) + b_{j-1,i+1} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j-1,i+1}) + \\ & + b_{j-1,i} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j-1,i}) + b_{j+1,i} \Lambda_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j+1,i}) + q_k(t^{(m)}, \mathbf{x}_{j,i})], \end{aligned} \quad (21)$$

где Δ - минимальное расстояние между точками $\mathbf{x}_{j,i}$; a_k - параметры аппроксимации теплопроводности k -го слоя. Для точек, принадлежащих поверхностям смежных слоев ($\mathbf{x}_{j,i} \in S_{k+2}$), аппроксимацию дифференциального оператора в (15) будем осуществлять по аналогичной схеме на основании метода баланса [6].

Приведем пример расчета. В примере выполнен расчет температурного поля для шины (рисунок 5), имеющей наружный диаметр - 1,078 м и посадочный диаметр - 0,6096 м.

Значения удельной плотности и теплоемкости:

- для протектора $\rho_1 = 1127$; $c_1 = 717$;
- для брекера $\rho_2 = 1106$; $c_2 = 641$;
- для каркаса $\rho_3 = 1071$; $c_3 = 615$;
- для боковины $\rho_4 = 1134$; $c_4 = 663$;
- для борта $\rho_5 = 7700$; $c_5 = 460$;
- для наполнительного шнура $\rho_6 = 1118$; $c_6 = 664$.

Размерность величин ρ_k , $k=1,2,\dots,5$ дана в кг/м³. Размерность величин c_k , $k=1,2,\dots,5$ дана в Дж/(кг·град).

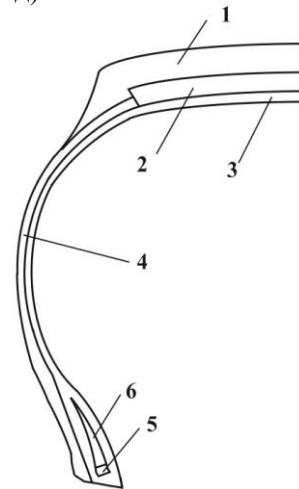


Рисунок 5. Конструкция пневматической шины.
 1 - протектор; 2 - брекер; 3 - каркас; 4 - боковина;
 5 - борт; 6 - наполнительный шнур

Параметры аппроксимации коэффициентов теплопроводности (7):

- для протектора $a_1=0,1612$; $b_1=0,0002$;
- для брекера $a_2=0,1793$; $b_2=0,0003$;
- для каркаса $a_3=0,07$; $b_3=0,0$;
- для боковины $a_4=0,1941$; $b_4=0,0004$;
- для борта $a_5=50,0$; $b_5=0,0$;
- для наполнительного шнура $a_6=0,3426$; $b_6=0,0006$.

Значения коэффициентов a_k , $k=1,2,\dots,5$ даны в Вт/(м·град). Значения коэффициентов b_k , $k=1,2,\dots,5$ даны в Вт/(м·град·с).

При заданных начальных: $T_0=20^\circ\text{C}$ и граничных:

$$\varphi_1(t, x) = \varphi_2(t, x) = \begin{cases} 150^\circ\text{C}, & \text{при } 0 \leq t \leq 2700 \text{ с,} \\ 20^\circ\text{C}, & \text{при } t > 2700 \text{ с} \end{cases}$$

условиях получено решение в виде изменения температурного поля во времени.

Расчеты температуры проводились в точках $x_{j,i}$, $i=1,2,\dots,N$; $j=1,2,\dots,K_i$ (рисунок 3) при $N=58$; $K_i=15$, $i=1,2,\dots,20$; $K_{21}=13$; $K_{22}=11$; $K_{23}=9$; $K_{24}=7$; $K_{25}=7$; $K_{26}=6$; $K_i=5$, $i=27, 28, \dots, 49$; $K_{50}=7$; $K_{51}=8$; $K_i=9$, $i=52, 53, \dots, 57$; $K_{58}=1$. Общее количество точек $x_{j,i}$ равно 557.

В таблице 1 приведены результаты расчетов, выполненных с разными значениями шага дискретизации по времени Δt . Расчеты проводились в точках $x_{j,1}$, $j=1,2,\dots,15$.

Т а б л и ц а 1

Результаты расчетов температурного поля в момент времени $t=1800$ с, выполненные с разным значением Δt

Номер точки	Значения шага дискретизации по времени Δt , с			
	8	4	2	1
1	150,0	150,0	150,0	150,0
2	149,4	149,5	149,5	149,5
3	149,0	149,0	149,0	149,0
4	148,6	148,5	148,5	148,5
5	148,2	148,2	148,1	148,1
6	147,9	147,9	147,9	147,9
7	147,8	147,7	147,7	147,7
8	147,7	147,7	147,6	147,6
9	147,8	147,7	147,7	147,7
10	147,8	147,8	147,8	147,8
11	148,0	148,0	148,0	148,0
12	148,4	148,4	148,4	148,4
13	148,9	148,9	148,9	148,9
14	149,4	149,4	149,4	149,4
15	150,0	150,0	150,0	150,0

Примечание. В таблице 1 подчеркнуты расхождения с результатами, выполненными с шагом дискретизации $\Delta t=1$ с

Результаты расчетов показывают устойчивую сходимость решения при уменьшении Δt .

В таблице 2 приведены результаты расчетов, выполненные с разными значениями параметра Δ - минимального расстояния между точками $x_{j,i}$. С этой целью количество точек K_i на отрезках $[x_{1,i}, x_{K_i,i}]$ последовательно увеличивалось в 2, 4 и 8 раз. Величина Δ при этом уменьшалась соответственно 2, 4 и 8 раз.

Шаг дискретизации Δt определялся в соответствии с условием (20). Значения температуры в таблице 2 рассчитаны для тех же точек, что и в таблице 1.

Т а б л и ц а 2

Результаты расчетов температурного поля в момент времени $t=1800$ с, выполненные с разным значением Δ

Номер точки	Значения Δ , м			
	$1,6 \times 10^{-3}$	$8,0 \times 10^{-4}$	$4,0 \times 10^{-4}$	$2,0 \times 10^{-4}$
1	150,0	150,0	150,0	150,0
2	149,5	149,2	149,0	148,9
3	149,0	148,4	148,1	148,0
4	148,5	147,7	147,3	147,1
5	148,1	147,7	146,6	146,3
6	147,9	146,7	146,0	145,7
7	147,7	146,4	145,7	145,2
8	147,6	146,3	145,5	145,0
9	147,7	146,3	145,4	145,0
10	147,8	146,4	145,6	145,2
11	148,0	146,8	146,1	145,7
12	148,4	147,3	146,7	146,4
13	148,9	148,1	147,6	147,4
14	149,4	148,9	148,7	148,6
15	150,0	150,0	150,0	150,0

Примечание. В таблице 2 подчеркнуты расхождения с результатами, выполненными с шагом дискретизации $\Delta=2,0 \times 10^{-4}$ м.

Приведенные в таблице 2 результаты показывают устойчивую сходимость решения с уменьшением величины Δ .

На рисунках 6-10 приведены распределения температуры и степени завершенности процесса $X(t)$ (см. формулу (8)) в шине для различных значений времени.

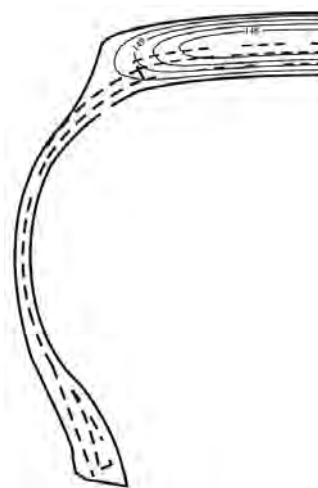


Рисунок 6. Температура (в $^\circ\text{C}$) в момент времени $t=1800$ с

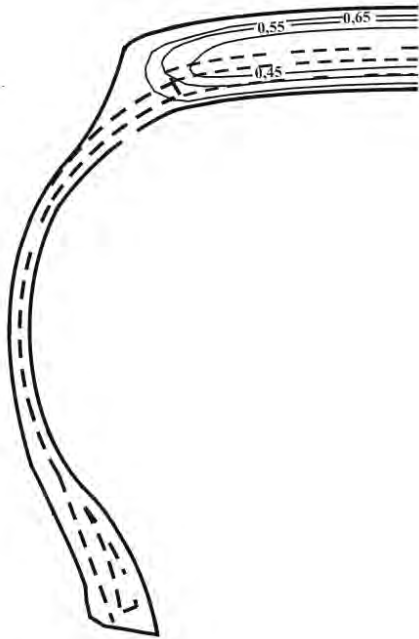


Рисунок 7. Степень завершенности процесса $X(t)$ в момент времени $t=1800$ с

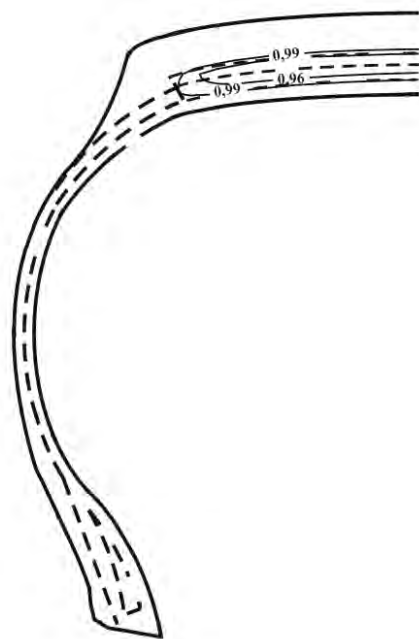


Рисунок 9. Степень завершенности процесса $X(t)$ в момент времени $t=3000$ с

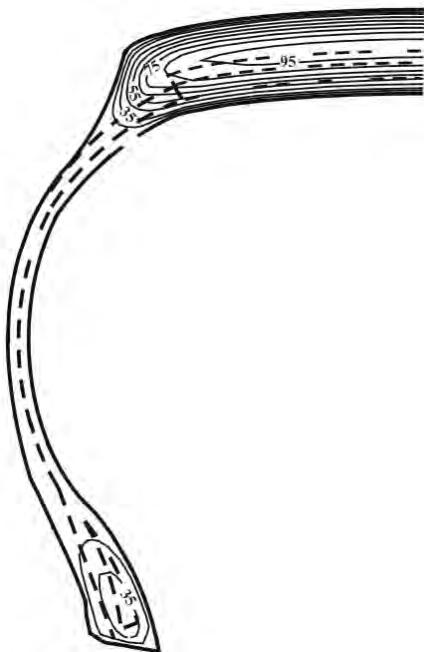


Рисунок 8. Температура (в °C) в момент времени $t=3000$ с

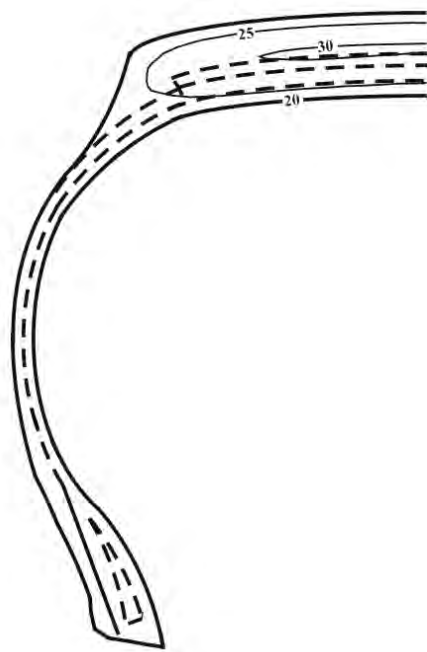


Рисунок 10. Температура (в °C) в момент времени $t=3600$ с

На момент времени $t=3600$ с степень завершенности процесса вулканизации во всех точках шины практически равна 1.

Заключение:

1) рассмотрена математическая постановка задачи определения температурного поля в вулканизируемом изделии в условиях зависимости его теплофизических характеристик от температуры и с учетом заданных граничных и начальных условий;

2) рассмотрен способ конечно-разностной аппроксимации системы диффе-

ренциальных уравнений теплопроводности, позволяющий учитывать сложную конфигурацию элементов вулканизируемого изделия, и получен численный алгоритм решения задачи;

3) выполнены расчеты температурного поля для шины при заданных начальных и граничных значениях температуры;

4) получены результаты, демонстрирующие устойчивость и точность решения;

5) для различных моментов времени t выполнен расчет степени завершенности процесса вулканизации в изделии.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Лукомская А.И., Минаев Н.Т., Кеперша Л.М., Милкова Е.М. Оценка степени вулканизации резин в изделиях. М.: ЦНИИТ-Энефтехим, 1972. 43 с.
- 2 Денисов А. П., Громов Ю. Ю., Покорный Ю. В. Исследование процесса вулканизации при местном ремонте шин. // ВГУ, МГУ. Воронеж. Информационные технологии и системы. 1999. С. 97.
- 3 Карманова О. В., Тихомиров С. Г., Пятаков Ю.В., Касперович А. В. и др. Моделирование кинетики неизометрической вулканизации массивных резиновых изделий // Труды БГТУ. 2014. № 4. С. 100–104.
- 4 Ищенко В. А., Шаптала М. В. Особенности расчетов режимов вулканизации пневматических шин с учетом трехмерности конструкции // Системные технологии: региональный межвуз. сб. науч. трудов. 2008. Вып. 2 (55). С. 147 – 158.
- 5 Власко А.В., Сахаров М.Э., Порицкая З. Влияние неизотермической вулканизации и механические свойства резиновых и резинокордных образцов // Каучук и резина. 1991. № 6. С. 6-8.
- 6 Самарский А. А., Тихонов А. Н. Уравнения математической физики : учебное пособие. М.: Изд-во МГУ, 1999. 798 с.

REFERENCES

- 1 Lukomskaya A.I., Minaev N.T., Kopersha L.M., Milkova E. M. Otsenka stepeni vulkanizatsii rezin v izdeliyakh [Assessment of the degree of vulcanization of rubber in products]. Moscow, TsNIITEneftkhim, 1972. 43 p. (In Russ.).
- 2 Denisov A. P., Gromov Yu. Yu., Pokorniy Yu. V. Investigation of the vulcanization process at the local tire repair VGU, MGU. *Voronezh. Informatsionnye tekhnologii i sistemy*. [Voronezh State University, Moscow State University. Voronezh. Information technologies and systems], 1999, pp. 97. (In Russ.).
- 3 Karmanova O. V., Tikhomirov S. G., Pyatakov Yu.V., Kasperovich A. V. et al. Modelling of the kinetics of non-isometric massive rubber vulcanization. *Proceedings BSTU*. [Trudy BGTU], 2014, no. 4, pp. 100–104. (In Russ.).
- 4 Ishchenko V. A., Shaptala M. V. Features of the operating conditions of vulcanization of pneumatic tires with the three-dimensional structure. *Sistemnye tekhnologii: regional'nyi mezhvuz. sb. nauch. trudov*. [System Technology: Regional Interuniversity collection of scientific papers], 2008, issue 2 (55), pp. 147 – 158. (In Russ.).
- 5 Vlasko A. V., Sakharov M. E., Poritskaya Z. Effect of non-isothermal curing and mechanical properties of rubber and rubber-cord samples. *Kauchuk i rezina*. [Rubber and rubber], 1991, no. 6, pp. 6-8. (In Russ.).
- 6 Samarskii A.A., Tikhonov A.N. *Uraveneniya matematicheskoi fiziki* [Equations of mathematical physics]. Moscow, Izd-vo MGU, 1999. 798 p. (In Russ.).

УДК 543.38

Ассистент А.А. Шуба, доцент А.В. Никулина,
студент В.В. Глушенкова, студент Е.А. Швенк
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.
тел. (473) 255-07-62
E-mail: nik_a_68@mail.ru

Assistant A.A. Shuba, associate Professor A.V. Nikulina,
student V.V. Glushenkova, student E.A. Shvenk
(Voronezh state university of engineering technology) Department of physical and analytical chemistry.
phone (473) 255-07-62
E-mail: nik_a_68@mail.ru

Особенности определения токсикантов в природных водах повышенной солености методом пьезокварцевого микровзвешивания

The features of toxicants detection in natural waters with high salts content using piezoelectric quartz crystal microbalance

Реферат. В работе обсуждаются особенности детектирования микроколичеств токсикантов (аммиака, бутанола-2, толуол) в природных водах с различным содержанием солей методом пьезокварцевого микровзвешивания на газоанализаторе «МАГ-8» с инъекционным вводом пробы. Предварительно пробы морской воды были ранжированы на группы по значениям электропроводности, общей жесткости и минерализации воды. Пьезокварцевое микровзвешивание равновесной газовой фазы над пробами морской воды проводили в восьмисенсорной ячейке (модификаторы электродов – многослойные углеродные нанотрубки, прополис (пчелиный клей), ПЭГ-2000, полиэтиленгликоль себацинат, динонилфталат, триоктилфосфат, метиловый красный на подложке из полистирола, Тритон X 100) в статистических условиях. Модификаторы электродов подбирали по критериям минимальной чувствительности к парам воды и различной (перекрестной) чувствительности к парам антропогенных загрязнителей. Первичной аналитической информацией массива сенсоров является интегральная характеристика смеси газов над пробой воды – «визуальный отпечаток» сенсоров. Показана зависимость площади «визуального отпечатка» откликов массива сенсоров от солености и электропроводности проб морской воды. Методом добавок установлен характер влияния микроколичеств аммиака, бутанола-2, толуола на суммарный показатель массива сенсоров. Оценена возможность идентификации токсикантов в модельных растворах по выбранным идентификационным параметрам A_{ij} . Показана возможность классификации проб морской воды с добавлением токсикантов по параметрам эффективности сорбции и оптимизация массива пьезосенсоров для анализа природных вод с обработкой выходных данных сенсоров методом главных компонент. Наиболее значимыми для дифференциации проб воды по виду загрязнителя являются отклики сенсоров с пленками полиэтиленгликоль себацинат, динонилфталат, триоктилфосфат, а также, в меньшей степени, электропроводность природной воды.

Summary. In this article we discuss the features of detection of microconcentration toxicants (ammonia, butanol-2, toluene) in natural waters with different salt concentration using the piezoelectric crystal quartz microbalance on gas analyzer "MAG-8" with injection input of sample. The samples of sea water were classified into groups by values of electro conductivity, total mineralization and hardness. Piezoelectric microbalance of equilibrium gas phase over sea water samples carried out in eight-sensors chamber (electrodes modifiers – multilayer carbon nanotubes, propolis (bees wax), polyethylene glycol 2000, polyethylene glycol sebacate, dinonylphthalate, three octylphosphate, methyl orange with polystyrene, Triton X-100) in static condition. The electrodes modifiers were chosen by criteria of minimal sensitivity to water vapors and different (crossing) sensitivity to vapors of anthropogenic pollutants. The primary analytical information of sensors array is integral characteristic of gases mixtures over water sample – "visual print" of sensors. It has been shown the dependence of "visual print" square of sensors array responses on concentration salts and electro conductivity of sea water samples. Using the methods of additives it is established the behavior of influence the microconcentration of ammonia, butanol-2, toluene on summary indicator of sensor array. The possibility of toxicant identification in model solutions using selected identification parameters A_{ij} is demonstrated. It has been shown the classification of sea water samples with toxicants additives by parameters of sorption efficiency and optimization of piezosensors array for analysis of natural water using the processing of sensors output data by principal component analysis. The most significant to separation of water samples with toxicant there are responses of sensors with films from polyethylene glycol sebacate, dinonylphthalate, three octylphosphate, and the electro conductivity of natural water is less significant.

Ключевые слова: пьезокварцевое микровзвешивание, природные воды, определение микроколичеств токсикантов, бутанол-2, толуол, аммиак.

Keywords: piezoelectric quartz crystal microbalance, natural waters, detection of toxicants microconcentration, butanol-2, toluene, ammonia.

© Шуба А.А., Никулина А.В.,
Глушенкова В.В., Швенк Е.А., 2015

Актуальность инструментальной оценки органолептики – «оцифровка» качественных показателей – очевидна для природных объектов, запах которых не всегда безопасен и характеризуется приятными оттенками. К таким объектам относятся, в том числе, воды различного происхождения – от питьевых, природных до сточных и очищенных.

Проблема «оцифровки» запаха воды связана с несколькими факторами:

- большим разнообразием и переменным составом вод, и, следовательно, сложностью составления интегральной средней характеристики (стандарта);

- отсутствием метода, позволяющего зафиксировать легколетучие компоненты в пробе воды без дополнительных методов пробоподготовки (отгон, концентрирование, сорбция).

В связи с этим в последнее время все более популярны методы анализа, позволяющие составлять интегральные характеристики объекта и оценивать их изменения, например, анализаторы газов с методологией «электронный нос».

Анализ состава вод методом пьезокварцевого микровзвешивания (ПКМВ) основан на сорбции различными модификаторами пьезокварцевых сенсоров паров легколетучих веществ из равновесной газовой фазы (РГФ), отобранной над анализируемыми водами.

Цель работы – установление особенностей детектирования и идентификации органических соединений в природных водах с различным уровнем минерализации с применением выходных данных массива пьезосенсоров и их обработкой методом главных компонент.

В качестве объектов исследования выбраны органические соединения (ч.д.а.) – толуол, бутанол-2, аммиак и их водные растворы на уровне 50 ПДК_{с.с.}; а также 11 проб морской воды (таблица 1). В качестве стандарта выбрана дистиллированная вода.

Исследования проводили на восьмиканальном газоанализаторе «МАГ-8» с инжекторным вводом пробы анализата. В качестве измерительных элементов использовали пьезоэлектрические кварцевые резонаторы (ПКР) с базовой частотой колебаний кварцевой пластины 10 МГц (ОАО «Пьезо», Москва). В качестве модификаторов ПКР выбраны многослойные углеродные нанотрубки (УНТ), прополис (пчелиный клей, ПчК), полиэтиленгликоль 2000 (ПЭГ 2000), полиэтиленгликоль себацинат (ПЭГСб), динонилфталат (ДНФ), триоктилфосфат (ТОФО), метиловый оранжевый с полистерольной подложкой (МОсПС), тритон X 100 (ТХ-100). Поверхность электродов ПКР с двух сторон модифицировали равномерным нанесением раствора или фазы

сорбента для получения стабильных пленок и обеспечения адгезии модификатора к поверхности электродов.

Т а б л и ц а 1

Описание объектов исследования
(пробы с высокой минерализацией)

№	Пробы	Место отбора
Стандарт 1	Вода дистиллированная	ВГУИТ, ЦКП
Стандарт 2	Вода питьевая	г. Воронеж (Россия)
1	Черное море	г. Ялта (Россия)
2	Каспийское море	г. Дербент (Россия)
3	Белое море	г. Архангельск (Россия)
4	Азовское море	г. Ейск (Россия)
5	Залив Ангелов	г. Ницца (Франция)
6	Красное море	г. Хургада (Египет)
7	Залив Акаба	г. Акаба (Иордания)
8	Средиземное море	г. Малага (Испания)
9	Атлантический океан	г. Порту (Испания)
10	Мертвое море	г. Эйвбокк (Израиль)
11	Пролив Ла-Манш	г. Брайтон (Англия)

Для анализа с применением массива сенсоров 5 см³ индивидуальных тест-веществ и 50 см³ модельных растворов и морской воды помещали в стеклянные пробоотборники объемом 100 см³ с полиуретановой мембраной на 20 мин для насыщения газовой фазы парами веществ. Методом дискретной газовой экстракции отбирали 3 см³ равновесной газовой фазы из пробоотборников и вкалывали в ячейку детектирования прибора.

В специальном программном обеспечении одновременно фиксировали показания отдельных сенсоров через определенное время и формировали в виде лепестковой диаграммы (кинетический «визуальный отпечаток»), площадь и форма которой характеризует состав анализируемой пробы. Форма выходных кривых сенсоров – хроночастотограммы – гиперболические или S-образные, в зависимости от природы анализата и селекторного слоя ПКР.

Дополнительно для проб морской воды определяли общую минерализацию гравиметрическим методом [1], электропроводность – кондуктометрическим методом [2] и общую жесткость воды [3] – комплексонометрическим титрованием.

По значениям общей минерализации, электропроводности и общей жесткости пробы объединены в группы (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Общая минерализация, электропроводность и жесткость проб морской воды

№	Наименование источника отбора	Общая минерализация, г/1000 г	Электропроводность, мСм	Общая жесткость, ммоль/дм ³
1	Черное море	18,3	27,1	70,0 – 65,0
2	Каспийское море	12,9	17,9	88,7 – 73,5
3	Белое море	26,4	36,9	95,0 – 84,7
4	Азовское море	11,9	19,8	–
5	Залив Ангелов	–	56,5	130,6
6	Красное море	42,5	61,7	356,0
7	Залив Акиба	0,5	1,1	30,0
8	Средиземное море	40,6	58,3	196,0 – 161,0
9	Атлантический океан	38,3	54,3	126,0
10	Мертвое море	360,2	171,6	5750,0
11	Ла-Манш	36,0	53,4	126,0

Сравнение значений показателей следует проводить внутри этих групп, практически исключив влияние разности химического (солевого) состава:

пресная: № 7;

солончатая: №№ 1, 2, 4;

с морской соленостью: №№ 3, 5, 6, 8, 9, 11;

рассол: № 10.

Для установления природы экозагрязнителей изучили сорбцию равновесной газовой фазы (РГФ) над 11 пробами морской воды и природной воды с высоким уровнем минерализации. Легколетучие соединения морей представлены неорганическими и отдельными органическими газами.

Известно, что главными факторами, влияющими на сигнал пьезосенсора, являются масса покрытия и концентрации сорбата в пробе. Увеличить отклик пьезосенсора при детектировании аналита на уровне микроконцентраций возможно путем существенного увеличения сорбционного сродства пленок на электродах и таким образом повышения степени сорбции более 3-10 %. В данной работе выбраны пленки сорбентов, проявляющие высокую чувствительность к легколетучим органическим соединениям, серо-, азотсодержа-

щим газам, например, по сигналу сенсора с пленкой из УНТ в массиве можно оценить содержание неорганических газов (азот, кислород, углекислый газ).

Ранее установлено, что содержание солей существенно влияет на перераспределение легколетучих органических соединений, в том числе поверхностно-активных, между водной и газовой фазой, что определяет величину отклика массива сенсоров.

Установлено, что сигналы сенсоров с различными пленками по-разному изменяются в РГФ над пробами воды с различной минерализацией (таблица 3). Пробы объединены в группы по уровню минерализации.

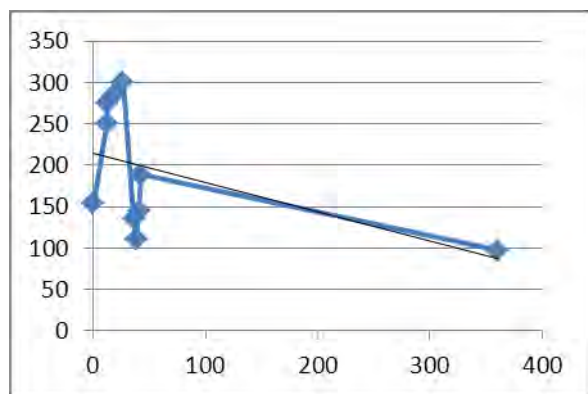
Т а б л и ц а 3

Максимальное значение падения частоты колебания сенсора и площадь «визуального отпечатка» откликов массива сенсоров при инъекции РГФ над пробами

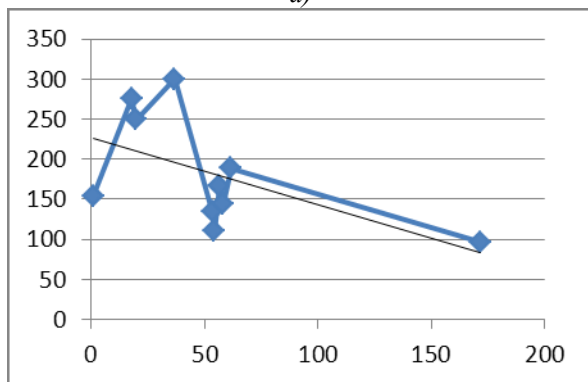
№ пробы	Модификаторы электродов ПКР								S _{в.о.} , Гц.с
	УНТ	Пч К	ПЭГ 2000	ПЭГ сб	ДНФ	ТОФО	МОеПС	ТХ-100	
7	5	6	10	17	2	7	4	11	154
1	7	7	13	23	3	9	8	13	284
2	6	7	12	21	3	12	11	10	275
4	6	7	12	22	4	5	8	12	250
3	6	7	13	20	4	10	9	14	300
5	5	6	10	17	2	5	7	10	167
6	5	5	11	18	4	7	5	12	188
8	5	6	10	17	3	3	3	10	145
9	4	5	8	14	2	3	5	10	110
11	5	4	9	16	2	7	5	10	135
10	4	5	8	12	2	5	5	7	97

Для удобства интерпретации данных построим графическую зависимость площади «визуального отпечатка» откликов сенсоров (S_{в.о.}) от солености и электропроводности (рисунок 1).

Характер зависимостей, представленных на рисунке 1, идентичен для проб и не подчиняется четко выраженной закономерности. Однако, в первом приближении, можно говорить об общей тенденции снижения аналитического сигнала массива сенсоров с увеличением содержания солей в пробах. Это соответствует ранее установленным зависимостям микровзвешивания и связано с уменьшением давления насыщенных паров воды и других соединений в солевых растворах.



а)



б)

Рисунок 1. Зависимость $S_{в.о.}$ (Гц.с) от солености (а) и электропроводности (б) проб.

При этом небольшие флуктуации параметров массива сенсоров для проб с близкой минерализацией связаны с нативной природой других растворенных соединений. Так пробы 5, 8, 9, 11 характеризуются близкими параметрами электропроводности (содержание солей), но различия в отклике массива сенсоров в их РГФ достигают для этих проб 65 % (от 100 Гц.с – для 9 и до 167 Гц.с – для 5-й). Аналогично ведут себя пробы из группы «солончатые» - 1, 2, 4. Однако с учетом погрешности измерения, различия внутри этой группы не значимы. Что подтверждает близость химического состава вод Черного, Каспийского, Азовского морей.

Проследим изменения площади «визуального отпечатка», вызванные добавлением толуола, бутанола-2 и аммиака на уровне 50 ПДК в пробы 1, 2, 4, как наименее различающиеся по составу, и 10, 11, принадлежащие к другим группам морей (таблица 4).

Установлено, что характер влияния неполярного толуола и поверхностно-активного соединения (ПАВ) – бутанола-2 различный внутри групп вод. Так добавление толуола в воды с невысокой минерализацией приводит к уменьшению суммарного сигнала массива сенсоров, а в более соленые – к увеличению отклика вследствие эффекта высаливания.

Зависимость площади «визуального отпечатка» откликов массива сенсоров от вида токсикантов

№ пробы	$S_{в.о.}$, Гц.с			
	Без добавок	Толуол	Бутанол-2	Аммиак
1	284	201	385	145
2	275	259	296	116
4	250	227	326	–
11	135	219	357	155
10	97	127	314	80

Бутанол-2 приводит к увеличению откликов массива сенсоров относительно стандарта для всех проб воды, но эффект увеличения более значителен для вод морской солености и рассола. Аммиак практически не изменяет или несколько занижает величину суммарного показателя массива сенсоров.

Для идентификации тест-веществ в модельных растворах рассчитаны параметры A_{ij} (параметр эффективности сорбции, рассчитываемый как отношение сигналов двух ПКР через определенное время сорбции – является мерой относительной чувствительности двух пьезосенсоров по отношению к сорбату, наиболее близок по сути к критерию селективности) для воды и модельных растворов толуола, бутанола-2, аммиака с концентрацией, соответствующей уровню 50 ПДК_{с.с.} (таблица 5).

Т а б л и ц а 5

Идентификационные параметры A_{ij} при инъекции РГФ над водой и паров модельных растворов с концентрацией 50 ПДК_{с.с.}, $V_{РГФ} = 3 \text{ см}^3$, $V = 60 \text{ см}^3$

Аналит	A_{ij}	
	ПчК/ТОФО	ПЭГСб/ТХ-100
Вода	1,00	0,57
Бутанол-2	0,12	0,46
Толуол	0,60	0,77
Аммиак	0,75	1,69

Установлено, что по значениям параметров A_{ij} для отношения сенсоров с пленками ПчК/ТОФО возможна идентификация бутанола-2, для отношения сенсоров с пленками ПЭГСб/ТХ-100 – аммиака (таблица 5).

Для оценки возможности обнаружения токсикантов в водных средах применили моделирование матрицы результатов ПКМВ одиннадцати проб воды различной минерализации ме-

тодом главных компонент (МГК) [4, 5]. В качестве переменных выбраны площадь «визуальных отпечатков» сигналов массива сенсоров над пробами воды ($S_{в.о.}$), ее электропроводность (κ), а также информативные для выбранного массива сенсоров идентификационные параметры A_{ij} , а именно для соотношений сенсоров с пленками ПчК/ДНФ, ПчК/ТОФО, ПЭГ-2000/ДНФ, ПЭГ-2000/ТОФО, ПЭГ-2000/МОсПС, ПЭГСб/ДНФ, ПЭГСб/ТОФО, ПЭГСб/ТХ-100, ТОФО/ТХ-100.

Установлено, что оптимальным является использование 4-х главных компонент с объясненной дисперсией 90 %. По первой и четвертой главным компонентам возможно преимущественно выделить группы проб воды с различными токсикантами (выделено областями, рисунок 2).

Следует отметить, чем выше содержание ионов в воде, тем сложнее идентифицировать токсикант, например, пробы № 6 и 10 с аммиаком и толуолом расположены в одной области. Показано, что с увеличением молекулярной массы токсиканта уменьшаются различия между пробами воды, так группа проб воды с добавлением толуола меньше остальных, только пробы с наименьшей (№ 7) и наибольшей минерализацией (№10) отстранены от группы.

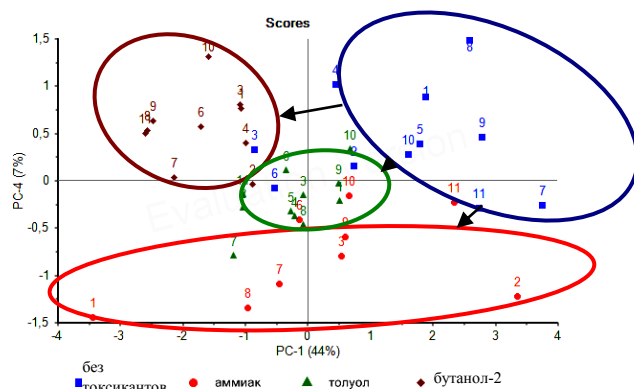


Рисунок 2. График счетов МГК-модели проб воды различной минерализации с добавлением токсикантов

Установлено, что наибольший вклад в разделение проб на группы вносят идентификационные параметры для сенсоров с пленками ПЭГСб, ДНФ и ТОФО, а также площадь «визуальных отпечатков» (рисунок 3).

Для первой главной компоненты наибольшее влияние имеет параметр A_{ij} для сенсоров с пленками ПЭГСб/ДНФ, для четвертой главной компоненты – площадь «визуальных отпечатков», параметр A_{ij} для сенсоров с пленками ПЭГСб/ТОФО, а также электропроводность проб воды. Однако, электропровод-

ность является менее значимой, чем совокупность параметров A_{ij} для пленок ТОФО/ТХ-100, МОсПС/ТХ-100, ПЭГСб/ТХ-100. По результатам МГК-моделирования установлено, что для обнаружения толуола, бутанола-2, аммиака в пробах воды достаточно применение массива из 4-х сенсоров с пленками ТОФО, ПЭГСб, ДНФ, ТХ-100, т.к. параметры A_{ij} для других сенсоров менее значимы для модели и их можно исключить (рисунок 3).

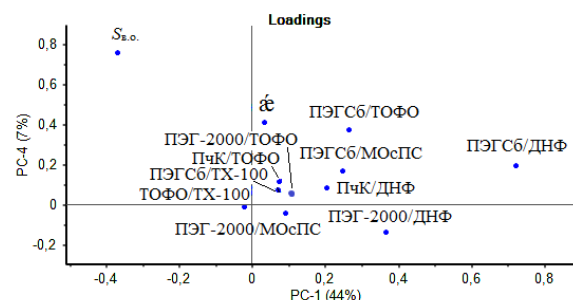


Рисунок 3. График нагрузок МГК-модели проб воды различной минерализации с добавлением токсикантов

Таким образом, в первом приближении по совокупности сорбционных параметров, обработанных методом главных компонент, возможно определить наличие токсикантов в водных средах и оптимизировать массив сенсоров для анализа природной воды с высокой минерализацией.

В работе определены основные характеристики (общая минерализация, электропроводность, общая жесткость) 11 проб морской воды. Установлена тенденция к снижению аналитического сигнала массива сенсоров (площади «визуальных отпечатков») с увеличением содержания солей в пробах. Рассмотрен характер влияния неполярного толуола и поверхностно-активного соединения (ПАВ) – бутанола-2 внутри групп вод с различной минерализацией. Показана возможность выбора оптимальных модификаторов пьезокварцевых резонаторов и ранжирования проб морской воды в соответствии с загрязнителем по матрице параметров A_{ij} массива сенсоров, обработанных методом главных компонент.

Работа выполнена в рамках НИОКР по ГК№ 4.2186.2014/К от 17.07.2014 по теме «Разработка и конструирование мобильного комплекса для экологического мониторинга состояния водных объектов с возможностью концентрирования органических и неорганических загрязнителей «на месте»» под руководством профессора Кучменко Т.А.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 ГОСТ Р 54316–2011. Воды минеральные природные питьевые. Общие технические условия. Введен 22.04.2011. М.: Стандартиформ, 2011. 41 с.
- 2 Коренман Я.И. Практикум по аналитической химии. Анализ пищевых продуктов. В 4-х книгах. Книга 3. Электрохимические методы анализа: учеб. пособие для студентов технолог. и сельхозвузов. М: КолосС, 2005. 232 с.
- 3 ГОСТ 31954-2012. Вода питьевая. Методы определения жесткости. Введен 01.01.2014. М.: Межгосударственный стандарт: Стандартиформ, 2013. 12 с.
- 4 Skov T., Bro R. A new approach for modeling sensor based data // *Sensors and Actuators B*. 2005. V. 106. № 5. P. 719-729.
- 5 Westad F., Hersleth M., Lea H., Martens H. Variable selection in PCA in sensory descriptive and consumer data // *Food Quality and Preference*. 2014. V. 14. № 2–3. P. 463-472.

REFERENCES

- 1 GOST R 54316-2011 Vody mineral'nye prirodnye pit'evye [State standard 54316-2011 Mineral water Natural drinking. General specifications]. Moscow, Standartinform, 2011. 41 p. (In Russ.).
- 2 Korenman Ya.I. Praktikum po analiticheskoi khimii [Workshop on Analytical Chemistry. Analysis of food products. The 4 books. Book 3. Electrochemical methods of analysis]. Moscow, Koloss, 2005. 232 p. (In Russ.).
- 3 GOST 31954-2012 Voda pit'evaya. Metody opredeleniya zhestkosti [State standard 31954-2012. Drinking water. Methods for determining stiffness. Introduced 01.01.2014]. Moscow, Standartinform, 2013. 12 p. (In Russ.).
- 4 Skov T., Bro R. A new approach for modeling sensor based data // *Sensors and Actuators B*. 2005. V. 106. № 5. P. 719-729.
- 5 Westad F., Hersleth M., Lea H., Martens H. Variable selection in PCA in sensory descriptive and consumer data // *Food Quality and Preference*. 2014. V. 14. № 2–3. P. 463-472.

УДК 547.973

Доцент П.Н. Саввин, студент К.С. Игнатова,
студент А.Э. Ломакина

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра химии и химической технологии и органических соединений и переработки полимеров.

тел. (4732) 49-92-37

E-mail: ps-vgt@mail.ru

Associate Professor P.N. Savvin, student K.S. Ignatova,
student A.E. Lomakina

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing.

phone (473) 249-92-37

E-mail: ps-vgt@mail.ru

Особенности выделения антоцианов спиртами алифатического ряда

Anthocyanins aliphatic alcohols extraction features

Реферат. Антоцианы – красные пигменты, придающие окраску широкому спектру плодов, ягод и цветов. В пищевой промышленности они широко известны в качестве красителей – пищевая добавка Е163. Для извлечения из природного растительного сырья традиционно применяется этанол или подкисленная вода, что в ряде технологий недопустимо. В целях расширения возможности применения антоцианов в качестве красителей и антиоксидантов были изучены возможности экстрагирования пигментов спиртами с различным строением углеродного скелета, а также положением и количеством гидроксильных групп. Для выделения антоцианов сырье экстрагировали последовательно дважды при $t=60\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1,5 часов. Оценку экстрактов проводили с помощью классического спектрофотометрического метода и современного экспрессного цветометрического. Окраска экстрактов черной смородины зависит от длины углеродного скелета и положения гидроксильной группы. При этом спирты нормального строения обладают более высоким по сравнению со спиртами изомерного строения значением оптической плотности и показателем красной компоненты цвета. Это обусловлено различной способностью образовывать водородные связи при выделении антоцианов, а также иными межмолекулярными взаимодействиями. В ходе хранения экстрактов черной смородины происходят значительные структурные изменения извлекаемых пигментов, что приводит к значительному изменению окраски. При этом изменение тем сильнее, чем выше длина углеродного скелета и разветвленней молекула экстрагента. Экстракция полиолами (этиленгликоль, глицерин) менее эффективна, чем соответствующими одноатомными спиртами. Однако хранимоспособность этих экстрактов значительно выше, что объясняется их меньшей восстанавливающей способностью при взаимодействии с полифенольными соединениями.

Summary. Anthocyanins - red pigments that give color a wide range of fruits, berries and flowers. In the food industry it is widely known as a dye - a food additive E163. To extract from natural vegetable raw materials traditionally used ethanol or acidified water, but in same technologies it's unacceptable. In order to expand the use of anthocyanins as colorants and antioxidants were explored extracting pigments alcohols with different structures of the carbon skeleton, and the position and number of hydroxyl groups. For the isolation anthocyanins raw materials were extracted sequentially twice with $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 1.5 hours. The evaluation was performed using extracts of classical spectrophotometric methods and modern express chromaticity. Color black currant extracts depends on the length of the carbon skeleton and position of the hydroxyl group, with the alcohols of normal structure have higher alcohols compared to the isomeric structure of the optical density and index of the red color component. This is due to the different ability to form hydrogen bonds when allocating anthocyanins and other intermolecular interactions. During storage blackcurrant extracts are significant structural changes recoverable pigments, which leads to a significant change in color. In this variation, the stronger the higher the length of the carbon skeleton and branched molecules extractant. Extraction polyols (ethyleneglycol, glycerol) are less effective than the corresponding monohydric alcohols. However these extracts saved significantly higher because of their reducing ability at interacting with polyphenolic compounds.

Ключевые слова: антоцианы, экстрагирование, алифатические спирты, цветометрия.

Keywords: anthocyanins, extraction, aliphatic alcohols, chromaticity.

Антоцианы – красно-фиолетовые пигменты, придающие окраску большинству ягод, фруктов и цветов. С химической точки зрения они являются гликозидами, содержащими в качестве агликона-антоцианидина гидроксид- и метоксизамещённые соли флавилия (2-фенилхромениля).

Будучи пирилевыми солями, антоцианы легко растворимы в воде и полярных раствори-

телях, нерастворимы в неполярных растворителях [1]. В растворах антоцианы присутствуют в виде нескольких таутомерных форм, соотношение между которыми зависит от ряда факторов, например, кислотности среды и полярности растворителя, его способности к образованию водородных связей (рисунок 1).

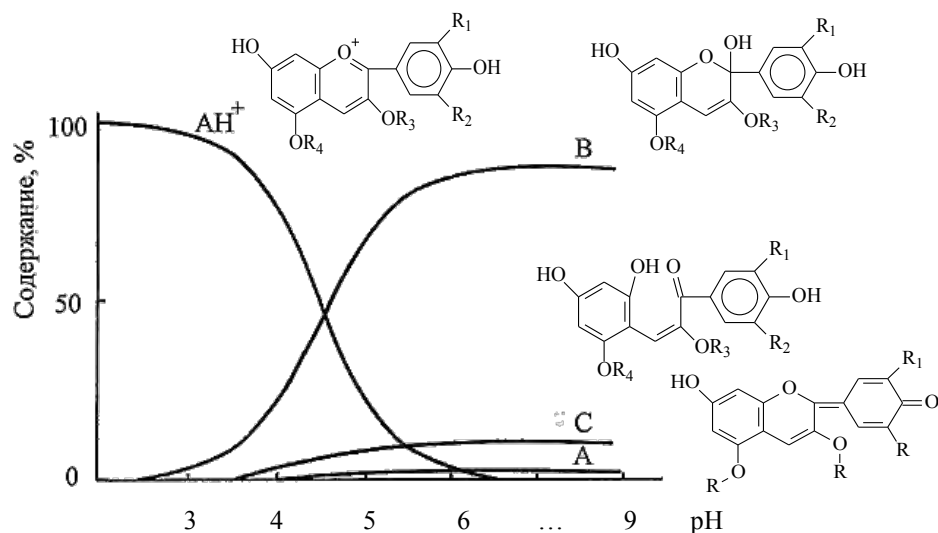


Рисунок 1. Ориентировочное распределение структур антоцианов в водном растворе при различной кислотности раствора [1]: AN^+ – катион флавилия, В – карбинольное основание, С – халкон, А – хиноидная форма; $\text{R}_1, \text{R}_2 = \text{H}, \text{OH}, \text{OCH}_3$; $\text{R}_3, \text{R}_4 = \text{H}$, углеводный остаток

Способы выделения антоцианов различны и зависят от вида используемого сырья, свойств и растворимости основного извлекаемого пигмента красителя и сопутствующих соединений, а также от технологии получения. Источником антоцианов является традиционное и нетрадиционное растительное сырье: плоды, ягоды, овощи, лепестки цветов и другие вегетативные части растений. Примерами ягод могут быть черника, клубника, ежевика, земляника, клюква, малина, вишня, черноплодная рябина, окрашенные сорта винограда, черная смородина, брусника и другие. Традиционно для извлечения антоцианов из растительного сырья применяется способ экстрагирования водой в присутствии лимонной или минеральных кислот [2], а также усовершенствованный способ бескислотного экстрагирования этанолом (96 % об.) [3]. Однако этанол является легковоспламеняющейся жидкостью и его применение на производстве сопровождается повышенными требованиями противопожарной безопасности. Кроме того применение водных экстрактов антоцианов не находит применения для производства ряда парфюмерно-косметических средств на основе гидрофобных композиций.

В связи с этим нами было изучено влияние строения ряда алифатических спиртов на оптические свойства экстрактов черной смородины с целью применения полученных экстрактов в непищевых отраслях промышленности (химическая, парфюмерно-косметическая). Условия экстрагирования: температура $60 \pm 5^\circ\text{C}$, кратность 2, гидромодуль 1:10. Полученные экстракты отфильтровывались, проводилась визуальная оценка их окраски, снимались спек-

тральные характеристики (СФ-56) и показатели цветности экстрактов черной смородины сканерометрическим методом [4].

Для определения показателей цветности растворов в системе RGB анализируемые экстракты черной смородины помещались в специализированную приставку к планшетному сканеру, при этом снималась окраска раствора с толщиной поглощающего слоя 1 см (стеклянная кювета). Изображение снималось в режиме True Color на планшетном сканере HP ScanJet 3600 с разрешением 300 dpi. Анализ цветowych изображений проводили в программе ImageJ 1.42, распространяемой по лицензии GNU.

Исследования показали, что с ростом длины углеродного скелета доля красной окраски в спиртовых экстрактах линейно снижается (рисунок 2а), что визуально проявляется в переходе цвета от малиново-розового (С2-С4) к грязно-желтому (С5) (этанольный экстракт исследован в разбавлении 1:4). Максимум светопоглощения экстрактов С2-С4 практически не сместился (рисунок 2б), отмечается снижение интенсивности при $\lambda=545$ нм и нарастание при $\lambda=670$ нм. Последнее свидетельствует о том, что доля хиноидной структуры (рисунок 1) при снижении полярности экстрагента и его способности образовывать водородные связи возрастает. Спектральные характеристики амилового экстракта черной смородины свидетельствует о значительных изменениях в составе извлекаемых соединений. Это связано, в первую очередь, с низкой полярностью амилового спирта и его неспособностью образовывать водородные связи с полифенольными соединениями.

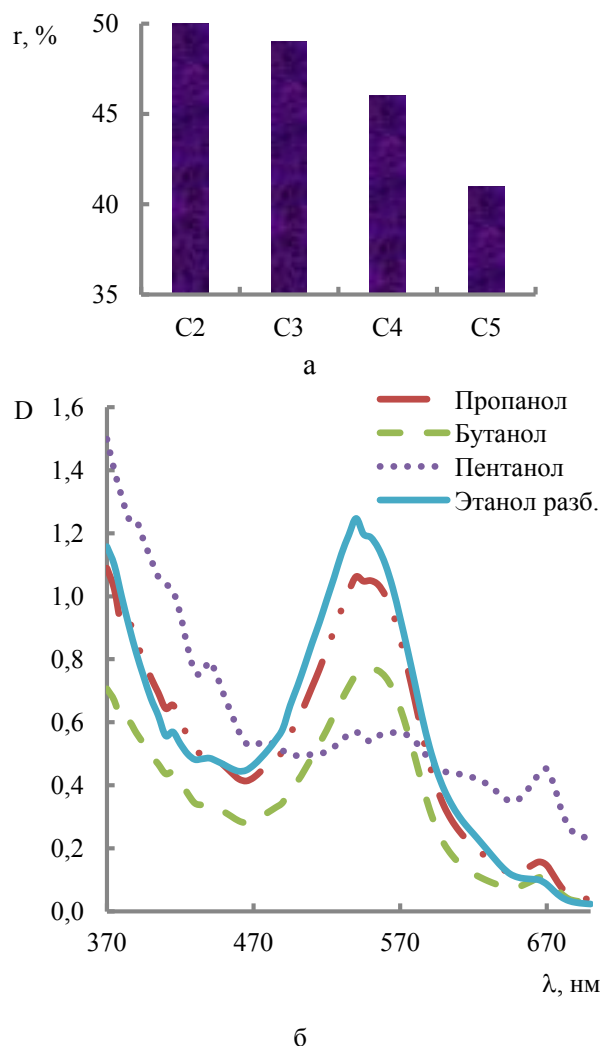


Рисунок 2. Зависимость оптических свойств от длины углеродного скелета: а – нормированный красный цвет; б – спектр поглощения

В ряду зависимости оптических свойств от положения гидроксильной группы экстрагента (на примере 1-пропанол и 2-пропанол) визуальная оценка окраски экстрактов свидетельствует лишь о незначительных различиях, что подтверждается данными цветометрии. При этом спектры поглощения (рисунок 3) характеризуются идентичностью положения максимумов, отличаясь лишь интенсивностью.

Использование в качестве экстрагентов многоатомных спиртов показало, что полученные экстракты имеют сходную окраску ($\lambda_{\max} = 535-540$ нм), при этом интенсивность поглощения этанольного экстракта черной смородины значительно выше интенсивности поглощения экстрактов полиолов (экстракты исследовались в разбавлении этанол 1:4, этиленгликоль и глицерин 1:2). Отмечается, что извлечение антоцианов этанолом происходит не только к катионной, но и в хиноидной форме с

$\lambda_{\max} = 660$ нм, в то время как многоатомные спирты извлекают антоцианы преимущественно в красной форме флавилиевого катиона.

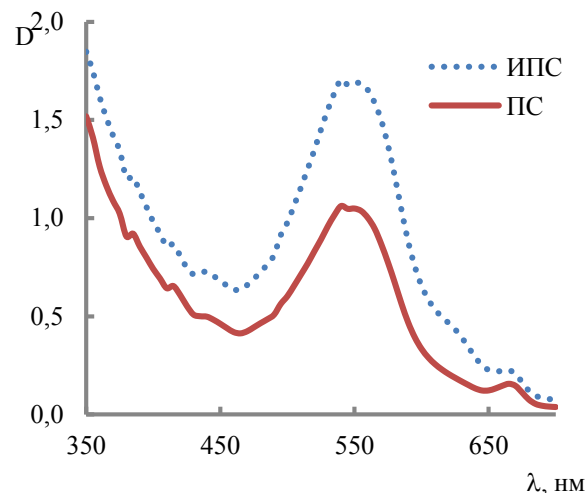


Рисунок 3. Зависимость спектральных характеристик экстрактов черной смородины от положения гидроксильной группы

Доля красного цвета в суммарной окраске экстрактов этиленгликолем и глицерином практически одинакова, и уступает этанольным экстрактам черной смородины (для сравнения – водный экстракт обладает еще большей долей красного цвета – 57 %). Однако, интенсивность окраски, являющаяся характеристикой насыщенности цвета и мерой его сродства к белому, позволяет однозначно расположить экстрагенты в ряд: этанол – этиленгликоль – глицерин, что согласуется со спектральными данными.

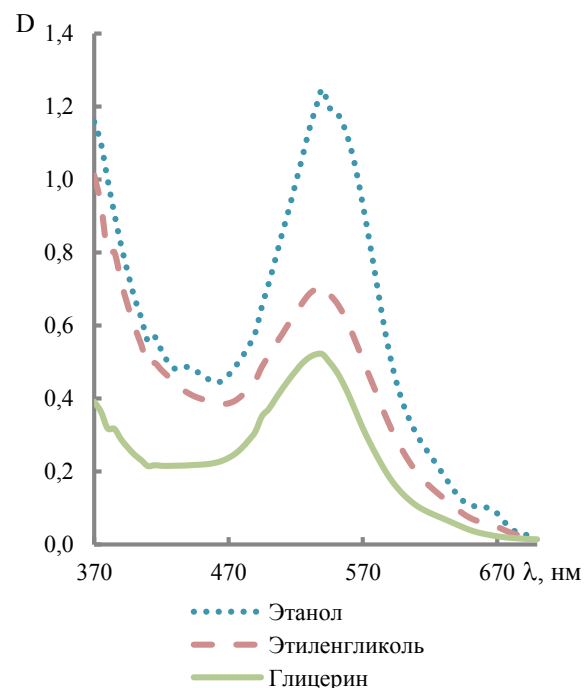


Рисунок 4. Зависимость спектральных характеристик экстрактов черной смородины от атомности спиртов

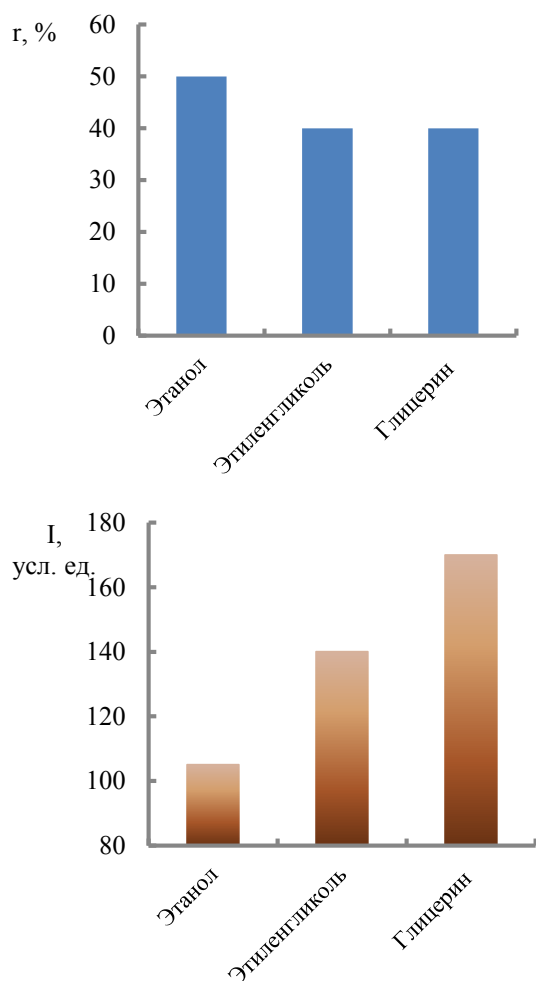


Рисунок 5. Зависимость показателей цветности экстрактов черной смородины от атомности спиртов

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Болотов В.М., Нечаев А.П., Сарафанова Л.А. Пищевые красители: классификация, свойства, анализ, применение. СПб.: ГИОРД, 2008. 240 с.
- 2 Харламова О. А., Кафка Б. В. Натуральные пищевые красители. М.: Наука, 1989. 191 с.
- 3 Пат. 2228344 Российская Федерация Способ получения антоцианового красителя из растительного сырья / Один А.П., Хайрутдинова А.Д., Болотов В.М.; № 2002131129/13; Заявл. 19.11.2003; Оpubл. 10.05.2004, Бюл. № 13
- 4 Байдичева О. В. и др. Цветометрия – новый метод контроля качества пищевой продукции // Пищевая промышленность. 2008. № 5. С. 20-22
- 5 Болотов В. М. Изучение цветометрических характеристик воды с использованием метода компьютерной цветометрии // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 4. С. 154-156.

Таким образом, можно заключить, что окраска экстрактов черной смородины зависит от длины углеродного скелета и положения гидроксильной группы, что обусловлено различной способностью образовывать водородные связи при выделении полифенольных соединений, а также иными межмолекулярными взаимодействиями.

При этом спирты нормального строения обладают более высоким по сравнению со спиртами изомерного строения значением оптической плотности (при максимуме светопоглощения для пропилового спирта 440 нм, бутилового - 555 нм) и показателем красной компоненты цвета.

В ходе хранения эти показатели интенсивности поглощения сильно снижаются, максимум вырождается. Это приводит к изменению окраски растворов с малиновой на светлорусую (по истечении двухнедельного срока хранения), что свидетельствует о распаде пигментов.

Экстракты черной смородины этиленгликолем и глицерином по сравнению с этанольными обладают повышенной стабильностью при длительном хранении (более 2 месяцев, в течение меньшего срока различия практически не проявляются). Вероятно, это обусловлено большей восстанавливающей способностью этанола по сравнению с многоатомными спиртами.

REFERENCES

- 1 Bolotov V.M., Nechaev A.P., Sarafanova L.A. Pishchevye krasiteli: klassifikatsiya, svoystva [Food Dyes: classification, properties, analysis, application]. Sent0Petersburg, GIORД, 2008. 240 p. (In Russ.).
- 2 Kharlamova O.A., Kafka B.V. Natural'nye pishchevye krasiteli [Natural food dyes]. Moscow, Nauka, 1989. 191 p. (In Russ.).
- 3 Odin A.P., Khairutdinova A.D., Bolotov V.M. Sposob polucheniya antotsianovogo krasitelya iz rastitel'nogo syr'ya [A method for producing anthocyanins pigment from plants]. Patent RF, no. 2228344, 2004. (In Russ.).
- 4 Baidicheva O.V. et al Colorimetry - a new method of quality control of food products. *Pishchevaya promyshlennost'*. [Food industry], 2008, no. 5, pp. 20-22. (In Russ.).
- 5 Bolotov V.M. Study of chromaticity characteristics of water using the method of computer colorimetry. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of of Voronezh State University of Engineering Technology], 2013, no. 4, pp. 154-156. (In Russ.)

УДК 663.52

Профессор Г.В. Агафонов, аспирант А.В. Торшин,
(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра технологии бродильных и сахаристых производств.
тел. (473) 255-37-32
E-mail: avtor-89@mail.ru
профессор В.М. Перельгин

Professor G.V. Agafonov, graduate student A.V. Torshin,
(Voronezh state university of engineering technologies) Department of Technology of fermentation
and sugar industries. phone (473) 255-37-32
E-mail: avtor-89@mail.ru
Professor V.M. Pereygin

Эффекты очистки спирта от примесей в эспурационных колоннах

The effects of alcohol purification from impurities in depuration column

Реферат. В настоящее время к качеству этилового спирта предъявляются все большие требования. В задачу настоящего исследования входило изучение эффектов эспурации спирта и разработка новых способов их расчёта на основе модели теоретической тарелки. В работе рассматривалась работа эспурационной колонны при различных режимах. Были составлены уравнения материального баланса и по ним рассчитано распределение концентраций спирта по тарелкам колонны. Далее из них получены уравнения для оценки эффектов очистки этилового спирта от сопутствующих примесей. Проведённые расчёты показали, что при работе эспурационной колонны по методу гидроселекции наблюдается значительное снижение концентрации этилового спирта на её тарелках. В результате увеличиваются коэффициенты испарения примесей, что существенно улучшает их вываривание и концентрирование. Однако при этом снижается крепость эспурата, что может ухудшить работу ректификационной колонны и привести к потерям с лютером. Поэтому был рассмотрен вариант с установкой отгонной части на эспурационную колонну, благодаря чему повышается крепость эспурата и снижается содержание в нём органических кислот и других хвостовых примесей, которые отводятся с лютером из её куба. Записав уравнения материального баланса для отгонной части было определено, что потери спирта с кубовой жидкостью отсутствуют. С учетом некоторых допущений, из уравнений материального баланса получены уравнения для оценки доли хвостовых примесей, отводимой с лютером. Проведенные расчеты показали, что больше половины хвостовых примесей, поступающих в эспурационную колонну с питанием, удаляются из её куба.

Summary. Currently to the quality of ethyl alcohol increased requirements. The task of this research was to examine the effects of alcohol depuration and development of new methods of calculation based on the model of theoretical plates. The paper examines the work depuration column at different modes. Were composed material balance equation and it is calculated concentration distribution of ethanol on the plates of the column. Further we obtained equations for estimating the effects of ethanol purification from the accompanying impurities. The carries out calculations have shown that when depuration column working with water selection method observed the significant decrease in the concentration of ethanol on her plates. As a result, increases the coefficient evaporation of impurities, which considerably improved it concentration. But it fortress of epurate reduced, which may degrade the performance of the distillation column and result in a loss with the bottoms liquid. It was therefore reviewed variant with the installation of the stripping part on depuration column, thereby increasing the concentration of ethanol in epurate and reduced the content in it of organic acids and other tail impurities that are discharged with liquid from her cube. Having recorded material balance equation for the stripping part, it was determined that are no losses of alcohol with cube liquid are. With some assumptions, from the equations of material balance are obtained the equations allowing estimating proportion of tail impurities withdrawn with cube liquid. The calculations have shown that more than half of the tail impurities incoming to the depuration column removed from her cube.

Ключевые слова: этиловый спирт, эспурация, гидроселекция.

Keywords: ethyl alcohol, depuration, water selection

В задачу настоящего исследования входило изучение эффектов эспурации спирта и разработка новых способов их расчёта на основе модели теоретической тарелки.

Пусть имеется эспурационная колонна (ЭК), содержащая n и m теоретических тарелок

в её выварной и концентрационной частях. Колонна оборудована дефлегматором, конденсатором и кипятыльником.

Запишем уравнение материального баланса этилового спирта или примеси для дефлегматора колонны, считая, что эффект его укрепляющего действия равен одной теоретической ступени конденсации пара:

$$g \cdot y_{n+m} = (g - F_D) \cdot x_D + F_D \cdot y_D, \quad (1)$$

где g – молевой поток пара в колонне; y_{n+m} – молевая доля этилового спирта или примеси в паре над $(n+m)$ -й тарелкой; F_D – молевой поток фракции, отбираемой из конденсатора; x_D, y_D – молевые доли этилового спирта или примеси соответственно в флегме и паре, поступающем из дефлегматора в конденсатор;

Составим теперь уравнения материального баланса этилового спирта или примеси для тарелок колонны с учётом уравнения (1). При этом счёт тарелок будем вести снизу вверх, пометая куб колонны индексом «0», а индексом «D» – её дефлегматор.

$$\begin{aligned} L_n \cdot x_1 &= g \cdot y_0 + L_0 \cdot x_0 \\ L_n \cdot x_2 &= g \cdot y_1 + L_0 \cdot x_0 \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \\ L_n \cdot x_n &= g \cdot y_{n-1} + L_0 \cdot x_0 \\ L_m \cdot x_{n+1} &= g \cdot y_n - F_D \cdot y_D \\ L_m \cdot x_{n+2} &= g \cdot y_{n+1} - F_D \cdot y_D \\ &\dots\dots\dots \\ &\dots\dots\dots \\ L_m \cdot x_{n+m} &= g \cdot y_{n+m-1} - F_D \cdot y_D, \end{aligned} \quad (2)$$

где L_n и L_m – молевые потоки жидкости соответственно в выварной и концентрационной частях колонны:

$$L_m = l + g - F_D, \quad (3)$$

где l – молевой поток гидроселекционной воды, подаваемый на верхнюю тарелку колонны;

$$L_n = L_m + L_c, \quad (4)$$

где L_c – молевой поток питания, подаваемого на n -ую тарелку;

$$L_0 = L_n - g, \quad (5)$$

Уравнение материального баланса спирта или примеси для всей эспурационной колонны имеет вид:

$$L_c \cdot x_c = L_0 \cdot x_0 + F_D \cdot y_D, \quad (6)$$

где x_c – молевая доля этилового спирта в питании колонны.

Пусть число теоретических тарелок в выварной и концентрационной частях колонны составляет соответственно $n=12$ и $m=8$. В дальнейшем потоки жидкости и пара будем рассчитывать для брагоректификационной установки (БРУ), производящей этилового спирта 3000 дал/сутки, или 21,41543 кмол/ч. Удельный расход пара на обогрев колонны примем равным 12 кг/дал или 83,2593 кмол/ч. В расчётах примем, что выход этилового спирта для БРУ составляет 97 %, а его подача в эспурационную колонну с фракцией сивушного спирта равна 5 %. Тогда питание эспурационной колонны должно содержать этилового спирта в количестве: $L_c \cdot x_c = 23,12866$ кмол/ч. Примем $x_c=0,1615$ молевых долей (39,66% об.), тогда $L_c=143,2115$ кмол/ч.

Для указанных условий работы эспурационной колонны проведены по уравнениям (1)–(6) расчёты распределения концентраций этилового спирта по её тарелкам. Расчёты осуществлялись общепринятым способом «от тарелки к тарелке» на основе данных В.Н. Стабникова и О.Г. Муравской [1] о фазовом равновесии жидкость-пар в системе этиловый спирт-вода.

Полученные результаты приведены в таблице 1, из которой видно, что с увеличением расхода гидроселекционной воды наблюдается значительное снижение концентрации этилового спирта на тарелках эспурационной колонны. При этом на большинстве тарелок её выварной части концентрация этилового спирта постоянна. Исключение составляют только куб и первая тарелка колонны, где наблюдается значительное понижение концентраций этилового спирта. В отсутствие подачи гидроселекционной воды концентрация этилового спирта на тарелках концентрационной части резко увеличивается при движении снизу вверх по высоте колонны, тогда как при подаче на верхнюю тарелку гидроселекционной воды концентрация спирта на тарелках её концентрационной части постоянна, а при $l = 222,0249$ кмол/ч эта концентрация меньше, чем в выварной части колонны.

Т а б л и ц а 1

Распределение концентраций этилового спирта по тарелкам ЭК при $n=12$, $m=8$, $g=83,2593$ кмол/ч, расходе гидроселекционной воды l кмол/ч и отборе фракции из конденсатора $F_D \cdot y_D$ кмол/ч

№, № теоретических тарелок	$l=0$			$l=27,7531$			$l=111,0124$			$l=222,0249$		
	$F_D \cdot y_D = 0,32123$	$F_D \cdot y_D = 0,64246$	$F_D \cdot y_D = 1,92739$	$F_D \cdot y_D = 0,32123$	$F_D \cdot y_D = 0,64246$	$F_D \cdot y_D = 1,92739$	$F_D \cdot y_D = 0,32123$	$F_D \cdot y_D = 0,64246$	$F_D \cdot y_D = 1,92739$	$F_D \cdot y_D = 0,32123$	$F_D \cdot y_D = 0,64246$	$F_D \cdot y_D = 1,92739$
D	0,8433	0,8426	0,8361	0,6383	0,6373	0,6334	0,5418	0,5404	0,5352	0,4790	0,4766	0,4664
20	0,8356	0,8349	0,8292	0,4781	0,4767	0,4711	0,2314	0,2301	0,2247	0,1301	0,1289	0,1238
19	0,8267	0,8259	0,8204	0,4781	0,4766	0,4710	0,2314	0,2301	0,2247	0,1301	0,1289	0,1238
18	0,8257	0,8148	0,8090	0,4780	0,4765	0,4709	0,2314	0,2301	0,2247	0,1301	0,1289	0,1238
17	0,8006	0,7995	0,7937	0,4777	0,4762	0,4707	0,2314	0,2301	0,2247	0,1301	0,1289	0,1238
16	0,7789	0,7777	0,7713	0,4767	0,4753	0,4697	0,2314	0,2301	0,2247	0,1302	0,1290	0,1239
15	0,7436	0,7423	0,7352	0,4734	0,4719	0,4662	0,2312	0,2299	0,2245	0,1304	0,1292	0,1243
14	0,6839	0,6823	0,6744	0,4616	0,4601	0,4542	0,2302	0,2288	0,2235	0,1311	0,1299	0,1253
13	0,5768	0,5751	0,5676	0,4193	0,4178	0,4116	0,2248	0,2234	0,2184	0,1333	0,1323	0,1284
12	0,3137	0,3127	0,3083	0,2738	0,2729	0,2692	0,1979	0,1971	0,1940	0,1423	0,1417	0,1390
11	0,3137	0,3127	0,3083	0,2738	0,2729	0,2692	0,1979	0,1971	0,1940	0,1423	0,1417	0,1390
10	0,3137	0,3127	0,3083	0,2738	0,2729	0,2692	0,1979	0,1971	0,1940	0,1423	0,1417	0,1390
9	0,3137	0,3127	0,3083	0,2738	0,2729	0,2692	0,1979	0,1971	0,1940	0,1423	0,1417	0,1390
8	0,3137	0,3127	0,3083	0,2738	0,2729	0,2692	0,1979	0,1971	0,1940	0,1423	0,1417	0,1390
7	0,3137	0,3127	0,3083	0,2738	0,2729	0,2692	0,1979	0,1971	0,1940	0,1423	0,1417	0,1390
6	0,3137	0,3127	0,3083	0,2738	0,2729	0,2692	0,1979	0,1971	0,1940	0,1423	0,1417	0,1390
5	0,3137	0,3126	0,3083	0,2738	0,2729	0,2692	0,1979	0,1971	0,1940	0,1423	0,1416	0,1390
4	0,3137	0,3126	0,3082	0,2738	0,2728	0,2691	0,1978	0,1970	0,1939	0,1422	0,1415	0,1388
3	0,3131	0,3121	0,3076	0,2733	0,2724	0,2686	0,1974	0,1966	0,1935	0,1415	0,1408	0,1380
2	0,3095	0,3084	0,3037	0,2703	0,2693	0,2653	0,1943	0,1935	0,1900	0,1372	0,1364	0,1331
1	0,2869	0,2855	0,2795	0,2487	0,2473	0,2416	0,1711	0,1699	0,1649	0,1179	0,1169	0,1130
0	0,1597	0,1519	0,1503	0,1338	0,1327	0,1260	0,0899	0,0888	0,0844	0,0625	0,0617	0,0525

Для оценки эффекта вываривания примесей в элюационной колонне из уравнений системы (2) получено:

$$\sigma_n = \frac{x_n}{x_0} = \alpha^{n-2} \cdot \sigma_2 + \frac{(L_n - g) \cdot (\alpha^{n-2} - 1)}{L_n \cdot (\alpha - 1)}, \quad (7)$$

где
$$\sigma_2 = \frac{g \cdot K_1 \cdot \sigma_1 + \frac{L_n - g}{L_n}}{L_n}, \quad (8)$$

$$\sigma_1 = \frac{g \cdot K_0 + \frac{L_n - g}{L_n}}{L_n}, \quad (9)$$

$$\alpha = \frac{g \cdot K_n}{L_n}, \quad (10)$$

$$K_2 = K_3 = K_4 = \dots = K_n \quad (11)$$

При выводе уравнения (7) принято, что коэффициенты испарения изученных примесей для тарелок со 2-й по n-ую включительно

$$\sigma_m = \frac{x_{n+m}}{x_n} = \frac{\beta_{n+m} \cdot \beta_{n+m-1} \cdot \dots \cdot \beta_{n+1}}{1 + \frac{F_D}{L_m} \cdot (1 + \beta_{n+m} + \beta_{n+m} \cdot \beta_{n+m-1} + \dots + \beta_{n+m} \cdot \beta_{n+m-1} \cdot \dots \cdot \beta_{n+1})}, \quad (13)$$

где
$$\beta_i = \frac{g \cdot K_i}{L_m}.$$

Как следует из данных таблицы 1, при работе элюационной колонны по методу гидроселекции концентрация спирта на тарелках её концентрационной части практически одинакова, в связи с чем можно допустить:

$$K_{n+1} = K_{n+2} = \dots = K_m = \text{const} \quad (14)$$

В этом случае уравнение (13) преобразуется к виду:

$$\sigma_m = \frac{x_{n+m}}{x_n} = \frac{\beta_m^m}{1 + \frac{F_D}{L_m} \cdot \frac{\beta_m^{m+1} - 1}{\beta_m - 1}}, \quad (15)$$

где
$$\beta_m = \frac{g \cdot K_m}{L_m}.$$

С использованием соотношения (6) запишем уравнение для расчёта доли примеси α , отбираемой с фракцией F_D из конденсатора элюационной колонны:

$$\alpha = \frac{F_D \cdot y_D}{F_D \cdot y_D + L_0 \cdot x_0} = \frac{F_D \cdot \frac{y_D}{x_0}}{F_D \cdot \frac{y_D}{x_0} + L_0} \quad (16)$$

Поскольку $\sigma_D \cdot \sigma_m \cdot \sigma_n = \frac{y_D}{x_0}$, перепишем уравнение (16) в виде:

имеют постоянное значение K_n , поскольку по данным таблицы 1 концентрация этилового спирта на указанных тарелках одинакова.

Для расчёта степени концентрирования примесей $\sigma_m = \frac{x_{n+m}}{x_n}$ на тарелках концентрационной элюационной колонны и в её дефлегматоре σ_D получено из уравнений (1) и (2):

$$\sigma_D = \frac{y_D}{x_{n+m}} = \frac{K_D \cdot K_{n+m} \cdot (V + 1)}{K_D + V}, \quad (12)$$

где $V = \frac{g - F_D}{F_D}$ – флегмовое число элюационной колонны; K_D и K_{n+m} – коэффициенты испарения примеси для дефлегматора и (n+m)-й тарелки.

$$\alpha = \frac{F_D \cdot \sigma_D \cdot \sigma_m \cdot \sigma_n}{F_D \cdot \sigma_D \cdot \sigma_m \cdot \sigma_n + L_0} \quad (17)$$

Расчёты значений α по уравнениям (7), (12), (13), (15), (17) проведены для ряда примесей этилового спирта с использованием данных [2] об их коэффициентах испарения. Результаты вычислений приведены в таблице 2, из которой следует, что увеличение расхода гидроселекционной воды улучшает очистку этилового спирта от компонентов сивушного масла и других трудновыделяемых примесей. При этом однако имеет место снижение концентрации спирта в элюате. Так, например, при $l = 222,0249$ кмол/ч (4000 кг/ч) молевая доля этилового спирта в элюате составляет 0,0585 молевых долей (16,97 % об.), что может осложнить работу ректификационной колонны и повлечь потери спирта с лютером из её куба. Для повышения содержания спирта в элюате в работах [3, 4] предложено дооснащать элюационную колонну отгонной частью и осуществлять боковой отбор элюата, что обеспечивает увеличение концентрации этилового спирта в нём и снижение содержания органических кислот и других хвостовых примесей, которые выводятся с лютером из куба элюационной колонны.

Т а б л и ц а 2

Доли примесей α , отбираемых с фракцией из конденсатора ЭК, при $n=12$, $m=8$, $g=83,2593$ кмол/ч, расходе гидроселекционной воды l кмол/ч и отборе фракции из конденсатора $F_D \cdot y_D$ кмол/ч этилового спирта

Примеси этилового спирта	Доля примеси α в фракции из конденсатора ЭК, %											
	$l=0$			$l=27,7531$			$l=111,0124$			$l=222,0249$		
	$F_D \cdot y_D = 0,32123$	$F_D \cdot y_D = 0,64246$	$F_D \cdot y_D = 1,92739$	$F_D \cdot y_D = 0,32123$	$F_D \cdot y_D = 0,64246$	$F_D \cdot y_D = 1,92739$	$F_D \cdot y_D = 0,32123$	$F_D \cdot y_D = 0,64246$	$F_D \cdot y_D = 1,92739$	$F_D \cdot y_D = 0,32123$	$F_D \cdot y_D = 0,64246$	$F_D \cdot y_D = 1,92739$
Ацетальдегид	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99
Метилацетат	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99
Н. масл. альдегид	99,95	99,95	99,97	99,96	99,96	99,97	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99
Этилацетат	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99	99,99
Метанол	38,92	45,32	58,70	22,26	33,00	45,15	2,01	4,03	10,15	0,421	0,929	2,39
Кротон. альдегид	5,44	16,60	38,19	15,89	28,69	52,35	38,23	37,13	71,05	96,78	97,64	98,84
Пропанол-1	$3,66 \cdot 10^{-4}$	$1,42 \cdot 10^{-3}$	$5,14 \cdot 10^{-3}$	$9,80 \cdot 10^{-3}$	$2,13 \cdot 10^{-2}$	$7,82 \cdot 10^{-2}$	0,768	1,60	7,04	5,42	9,97	26,35
Пропанол-2	5,50	11,90	31,40	15,56	24,74	46,85	35,06	47,82	64,51	51,03	59,31	74,45
Изобутиловый спирт	$2,80 \cdot 10^{-5}$	$6,77 \cdot 10^{-5}$	$2,82 \cdot 10^{-4}$	$3,75 \cdot 10^{-4}$	$9,31 \cdot 10^{-4}$	$2,49 \cdot 10^{-3}$	0,462	1,11	5,29	3,90	7,56	22,75
Изоамиловый спирт	$2,16 \cdot 10^{-9}$	$6,61 \cdot 10^{-9}$	$1,56 \cdot 10^{-8}$	$2,46 \cdot 10^{-4}$	$6,53 \cdot 10^{-6}$	$2,92 \cdot 10^{-5}$	$9,08 \cdot 10^{-2}$	0,204	1,12	20,55	34,45	68,05

Уравнения материального баланса этилового спирта или примеси для отгонной части эффективно в теоретических тарелок имеют вид:

$$\begin{aligned} L_w \cdot x_1 &= g \cdot y_0 + L_0 \cdot x_0 \\ L_w \cdot x_2 &= g \cdot y_1 + L_0 \cdot x_0 \\ &\dots \dots \dots (18) \\ &\dots \dots \dots \\ L_w \cdot x_w &= g \cdot y_{w-1} + L_0 \cdot x_0, \end{aligned}$$

где L_w – молевой поток жидкости в отгонной части:

$$\begin{aligned} L_w &= L_n - L_{\text{эн}}; \\ L_{\text{эн}} &\text{ – молевой поток элюрата;} \\ L_0 &\text{ – молевой поток лютера;} \\ L_0 &= L_w - g; \end{aligned}$$

x_w – молевая доля спирта или примеси в элюрате.

Решение уравнений (18) относительно молевой доли этилового спирта в лютере x_0 при $g=83,2593$ кмол/ч, $x_w=0,1264$, $F_{\text{г}} \cdot y_{\text{г}}=0,6425$ кмол/ч, $L_{\text{с}}=143,2115$ кмол/ч, $l=222,0249$ кмол/ч, $L_{\text{эн}}=182,98$ кмол/ч, $L_w=264,52$ кмол/ч, $L_0=181,26$ кмол/ч дало следующий результат: $x_0=0,000001$ молевых долей, что свидетельствует о работе элюрационной колонны без потерь спирта с лютером.

Используем теперь уравнения системы (18) для оценки доли хвостовых примесей α_0 , отбираемой с лютером из куба элюрационной колонны. При этом отбором этой примеси из её конденсатора будем пренебрегать. Тогда:

$$\alpha_0 = \frac{L_0 \cdot x_0}{L_0 \cdot x_0 + L_{\text{эн}} \cdot x_{\text{эн}}} = \frac{1}{1 + \frac{L_{\text{эн}}}{L_0} \cdot \frac{x_w}{x_0}} \quad (19)$$

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Цыганков П.С., Цыганков С.П. Руководство по ректификации спирта. М: Пищепромиздат, 2002. С. 380-381.
- 2 Перельгин В.М. Физико-химические основы расчёта и проектирования брагоректификационных аппаратов в спиртовой промышленности: автореф. дис. ... докт. техн. наук. К.: МГТУ, 1971. 40 с.
- 3 Пат. РФ №2277433, RU, B01D3/14 C12P7/06. Способ получения этанола / Перельгин В.М., Никитина С.Ю., Моисеенко В.С., Дячкина А.Б. №2004118263/13; Заявл. 2004118263; Оpubл. 10.01.2006, Бюлл. №16.
- 4 Пат. РФ №2315108, RU, C12P7/06. Способ получения ректифицированного спирта / Перельгин В.М., Перельгин С.В. №2006104764/13; Заявл. 2006104764; Оpubл. 20.01.2008, Бюлл. №2
- 5 Коган В.Б., Фридман В.М., Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром. М-Л: Наука, 1966. Т. 267-269, 272, 540, 541.

Допуская постоянство коэффициентов испарения хвостовой примеси на тарелках отгонной части:

$$K_1^0 = K_2^0 = \dots = K_w^0 = K^0, \quad (20)$$

преобразуем уравнения системы (18) к виду:

$$\frac{x_w}{x_0} = \alpha_0^w + \frac{L_0 \cdot (1 - \alpha_0^w)}{L_w \cdot (1 - \alpha_0)}, \quad (21)$$

$$\text{где } \alpha_0 = \frac{g \cdot K^0}{L_w}. \quad (22)$$

Поскольку концентрация этилового спирта на большинстве тарелок отгонной части невелика, воспользуемся коэффициентами испарения K^0 уксусной, пропионовой и н. масляной кислот при их бесконечно малом содержании в смесях с водой. С использованием данных [5] о фазовом равновесии жидкость-пар в системах уксусная кислота-вода, пропионовая кислота-вода, н. масляная кислота-вода получено для уксусной кислоты $K^0=0,738$, для пропионовой кислоты $K^0=1,365$ и для н. масляной кислоты $K^0=1,682$. Найденные значения K^0 использованы для расчётов по уравнениям (19)-(22) величины α_0 изученных кислот при принятых условиях работы колонны: $\alpha_0=0,6183$ для уксусной кислоты, $\alpha_0=0,5485$ для пропионовой кислоты и $\alpha_0=0,5007$ для н. масляной кислоты. Таким образом, с лютером из куба элюрационной колонны выводится 61,83 % уксусной кислоты, 54,85 % пропионовой кислоты и 50,07 % н.масляной кислоты от их количества в питании элюрационной колонны.

REFERENCES

- 1 Tsygankov P.S., Tsygankov S.P. Rukovodstvo po rektifikatsii spirita [Guidelines for alcohol distillation]. Moscow, Pishcheprom., 2002. 400 p. (In Russ).
- 2 Perelygin V.M. Fiziko-khimicheskie osnovy rascheta i proektirovaniya bragorektifikatsionnykh apparatov v spirtovoi promyshlennosti. Avtoref. diss. dokt. tekhn. nauk [Physical and chemical bases of calculation and design bragorektifikatsion devices in industrial alcohol, laziness. Abstr. dr. techn. sci. diss.]. Krasnodar, 1971. 40p. (In Russ).
- 3 Perelygin V.M., Nikitina S.Y., Moiseenko V.S., Dyachkina A.B. Sposob poluchenija jetanola [A method for producing ethanol]. Patent RF, no2277433, 2006. (In Russ.).
- 4 Perelygin V.M., Perelygin S.V. Sposob poluchenija rektifikovannogo spirita [A method for producing rectified spirit]. Patent RF, no2315108, 2008. (In Russ.).
- 5 Kogan V.B., Fridman V.M., Kafarov V.V. Ravnovesie mezhdu zhidkost'yu i parom [The equilibrium between liquid and vapor]. Moscow-Leningrad, 1966. 1440 p. (In Russ).

УДК 597.554

Профессор О.П. Дворянинова, доцент А.В. Соколов,
магистрант М.В. Бобрешова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления качеством и машиностроительные технологии.

тел. (473) 253-26-30

E-mail: olga-dvor@yandex.ru

профессор Т.А. Кучменко

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.

тел. (473) 255-07-62

E-mail: tak1907@mail.ru

Professor O.P. Dvoryaninova, associate Professor A.V. Sokolov,
master student M.V. Bobreshova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of quality management and machine-building technologies.

phone (473) 253-26-30

E-mail: olga-dvor@yandex.ru

professor T.A. Kuchmenko

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of physical and analytical chemistry.

phone (473) 255-07-62

E-mail: tak1907@mail.ru

Сенсорный анализ в оценке качества майонезных соусов с добавлением икорного джуса

The touch analysis in an assessment of quality of mayonnaise sauces with addition of a caviar dzhus

Реферат. Соусы на основе растительных масел и майонезов, традиционно считающиеся вкусными, но не очень полезными, при обогащении функциональными добавками могут использоваться не только для вкусового украшения различных блюд и салатов, но и для повышения их пищевой ценности. Джус, полученный при производстве соленой зернистой икры горбуши, представляет собой полноценный комплекс основных пищевых факторов, что может служить мотивацией для его использования при разработке новых продуктов питания, в том числе в виде белково-минеральной добавки для дополнительного ее введения в рецептуры соусов. Ввиду наличия рыбного запаха икорного джуса, возможно использовать его в качестве натурального ароматизатора при производстве широкого ассортимента рыбопродуктов, в том числе эмульсионных. Для оценки качества продукции очень удобным, быстрым и простым является органолептический (сенсорный) метод. Установлено различное содержание летучих органических соединений в равновесной газовой фазе над пробами. Различаются образцы икорного джуса между собой и соусы с его добавлением. Различия определяются количеством внесенного ингредиента. Различается интенсивность запаха проб, определяемая содержанием летучих соединений, на которые настроен массив сенсоров. Наибольшую интенсивность запаха имеют соусы с добавкой икорного джуса по ГОСТ при малом его содержании. По форме фигуры «визуального отпечатка» максимальных откликов всех сенсоров в массиве установлены различия в химическом составе равновесной газовой фазы над пробами. Различия в качественном и количественном составе РГФ над образцами с добавлением 1,5 и 2,0 % джуса существенно значимые. Установлено, что добавление более 1 % икорного джуса (по ТУ и по ГОСТ) в рецептуры соусов приводит к существенному различию в составе РГФ.

Summary. The sauces on the basis of vegetable oils and mayonnaise which are traditionally considered tasty, but not really useful at enrichment by functional additives can be used not only for flavoring decoration of various dishes and salads, but also for increase of their nutrition value. Dzhus received by production of salty granular caviar of a humpback salmon represents a full-fledged complex of the major food factors that can serve as motivation for its use when developing new food, including in the form of a

proteinaceous and mineral additive for its additional introduction to compoundings of sauces. In view of existence of a fish smell of a caviar dzhus, it is possible to use it as natural fragrance by production of the wide range of fish products, including emulsion. For an assessment of quality of production, fast and simple the organoleptic (touch) method is very convenient. Various content of easily volatile organic compounds in an equilibrium gas phase over tests is established. Samples of a caviar dzhus among themselves and sauces with its addition differ. Distinctions are defined by amount of the brought ingredient. The intensity of a smell of tests determined by the content of easily volatile compounds on which the massif of sensors is adjusted differs. Sauces with an additive of a caviar dzhus have the greatest intensity of a smell in accordance with GOST at its small contents. In a figure form of "a visual print" of the maximum responses of all sensors in the massif distinctions in a chemical composition of an equilibrium gas phase over tests are established. Distinctions in qualitative and quantitative structure of RGF over samples with addition 1,5 and 2,0 of % of a dzhus significantly significant. It is established that addition (on TU and in accordance with GOST) in compoundings of sauces results more than 1% of a caviar dzhus in essential distinction as a part of RGF.

Ключевые слова: соус, электронный нос, икорный джус, визуальные отпечатки, сенсоры, безопасность, качество.

Keywords: sauce, electronic nose, caviar dzhus, visual prints, sensors, safety, quality.

В настоящее время аналитики прогнозируют рост и активное развитие российского рынка соусов, что связано, прежде всего, с расширением потребительских предпочтений и возрастающей популярностью этого продукта. Именно эта товарная категория, как считают специалисты, будет развиваться в России, но в отличие от ряда западных стран сложные соусы все еще уступают по объемам потребления моносоусам - майонезу и кетчупу. Актуальна для нашего рынка и проблема специализации соусов.

По оценкам маркетинговой компании BusinesStat, продажи соусов в России за пять лет выросли на 5 % и в 2014 г составили 781 тыс. тонн.

Причины популярности соусов разнообразны. Во-первых, соус активно используется в процессе приготовления салатов, холодных закусок, а также при употреблении горячих мясных, рыбных и других блюд. Во-вторых, потребители предпочитают соус из-за доступной цены и длительного срока хранения.

Популярности соуса способствуют также активные маркетинговые действия лидеров рынка, расширяющих ассортимент и виды упаковки. Соусы на основе растительных масел и майонезов, традиционно считающиеся вкусными, но не очень полезными, при обогащении функциональными добавками могут использоваться не только для вкусового украшения различных блюд и салатов, но и для повышения их пищевой ценности.

При промышленной переработке икорного сырья одним из основных побочных продуктов, образующихся на стадии посола икры, является внутреннее содержимое лососевой икры – джус, который в настоящее время не нашел широкого применения в рыбной промышленности. Массовый выход джуса состав-

ляет 8-12 % от массы целой икры, что говорит о целесообразности и перспективности дальнейшего его использования в технологиях создания продуктов питания.

Основываясь на экспериментальных данных и сведениях, полученных на основе патентно-информационного поиска, можно сделать вывод, что джус, полученный при производстве соленой зернистой икры горбуши, представляет собой полноценный комплекс основных пищевых факторов, что может служить мотивацией для его использования при разработке новых продуктов питания, в том числе в виде белково-минеральной добавки для дополнительного ее введения в рецептуры соусов. Помимо этого, ввиду наличия рыбного запаха, икорный джус возможно использовать в качестве натурального ароматизатора при производстве широкого ассортимента рыбопродуктов, в том числе эмульсионных.

Контроль технологического процесса производства эмульсионных рыбопродуктов производится различными методами: органолептическими, химическими, физико-химическими и микробиологическими.

Для оценки качества продукции очень удобным, быстрым и простым является органолептический (сенсорный) метод [1, 5].

В целях удовлетворения потребности в обеспечении качества и безопасности продукции предлагается для оценки продуктов использовать мультисенсорную систему «электронный нос», состоящую из десяти пьезосенсоров. Работа такой системы основана на многоуровневой нейронной семиотической модели, описывающей механизм работы обонятельной луковицы человека [3].

Объектами исследования служили:

- пробы 1, 2 - икорный джус, полученный при производстве лососевой икры по

ТУ 9264-026-00472124-08 «Икра лососевых рыб зернистая» и по ГОСТ 18173-04 «Икра лососевая соленая зернистая баночная» соответственно;

- майонезные соусы, с различной массовой долей внесения икорного джуса:

- проба 3 – соус без добавления икорного джуса;

- пробы 4, 6, 8, 10 – соусы с массовой долей икорного джуса 0,5, 1, 1,5, 2 % соответственно, полученного при производстве лососевой икры по ГОСТ 18173-04;

- пробы 5, 7, 9, 11 – соусы с массовой долей икорного джуса 0,5, 1, 1,5, 2 % соответственно, полученного при производстве лососевой икры по ТУ 9264-026-00472124-08.

В качестве измерительного массива применены 8 сенсоров на основе пьезокварцевых резонаторов ОАВ типа с базовой частотой колебаний 10,0 МГц с разнохарактерными пленочными сорбентами на электродах [1, 2]. Покрывания выбраны в соответствии с задачей испытаний (возможная эмиссия из проб разных органических соединений): 1 - поливинилпирролидон, ПВП (к воде и другим сильнополярным органическим соединениям); 2 – полиэтиленгликоль, ПЭГ-2000, ПЭГ-2000; 3 - полиэтиленгликоль адипинат, ПЭГА; 4 - Твин-40, Tween; 5 - полидиэтиленгликоль сукцинат, ПДЭГС; 6 - дициклогексан-18-Краун-6, ДЦГ18К6; 7 - пчелиный клей (прополис), ПчК; 8 - бромкрезоловый зеленый, БКЗ.

Подготовка проб к анализу: средние пробы массой 10,0 г помещали в стерильный стеклянный пробоотборник, выдерживали при комнатной температуре $20 \pm 1^\circ\text{C}$ в герметичном сосуде с полимерной мягкой мембраной. Отбирали индивидуальным шприцем 3 см^3 равновесной газовой фазы (не затрагивая образец) и вводили в ячейку детектирования. Проба характеризуется высоким содержанием летучих веществ в равновесной газовой фазе (РГФ) без нагревания (температура воздуха в лаборатории (20 ± 1) $^\circ\text{C}$, фон массива сенсоров от 30 до 50 Гц·с).

Время измерения 60 с, режим фиксирования откликов сенсоров – равномерный с шагом 1 с, оптимальный алгоритм представления откликов сенсоров – по максимальным откликам отдельных сенсоров. Погрешность измерения – 5 %.

Суммарный аналитический сигнал был сформирован с применением интегрального алгоритма обработки сигналов 8-ми сенсоров в виде «визуального отпечатка». Для установле-

ния общего состава запаха проб применяли полные «визуальные отпечатки» максимумов (наибольшие отклики 8-ми сенсоров). В качестве критериев для оценки различия в запахе анализируемых проб выбраны качественные характеристики: форма «визуального отпечатка» с характерными распределениями по осям откликов, определяется набором соединений в РГФ.

Количественными характеристиками представлены:

1) $S\Sigma$, Гц·с – суммарная площадь полного «визуального отпечатка» – оценивает общую интенсивность аромата, пропорциональна концентрации летучих веществ, в том числе воды – построенного по всем сигналам всех сенсоров за полное время измерения;

2) максимальные сигналы сенсоров с наиболее активной или специфической пленками сорбентов F_i , Гц – для оценки содержания отдельных классов органических соединений в РГФ методом нормировки [3, 4].

«Визуальные отпечатки» максимумов – построены по максимальным откликам сенсоров в РГФ образцов за время измерения (не более 1 мин). Позволяют установить похожесть и различие состава летучей фракции запаха над анализируемыми образцами [1].

Отклики сенсоров зафиксированы, обработаны и сопоставлены в программном обеспечении анализатора «MAG Soft».

В качестве проб для проверки правильности измерения, полноты регенерации системы и реакции сенсоров применяли лабораторный воздух после длительной вентиляции.

Для установления различий в содержании и природе летучих соединений в равновесной газовой фазе над образцами, изготовленных с различным содержанием икорного джуса, сравнили величины откликов всех выбранных сенсоров в массиве (таблица 1).

Т а б л и ц а 1
Отклики сенсоров (F_i , Гц) и площадь «визуального отпечатка» сигналов сенсоров в РГФ над пробами

№ пробы	S1 – ПВП	S2 – ПЭГ-2000	S3 – ПЭГА	S4 – Tween	S5 – ПДЭГС	S6 – ДЦГ18К6	S7 – ПчК	S8 – БКЗ	$S\Sigma$, Гц·с
1	7	1	3	4	5	3	2	1	25
2	4	1	2	1	5	2	2	1	11
3	30	5	13	15	20	12	7	6	444
4	32	4	14	16	21	12	6	6	458
5	32	6	14	13	20	14	7	6	470
6	33	5	14	15	23	14	7	6	512
7	36	6	14	15	18	14	7	6	490
8	33	5	14	17	21	15	7	6	526
9	30	6	13	12	21	13	6	5	423
10	34	5	14	13	22	13	7	5	456
11	35	5	14	22	14	14	7	7	519

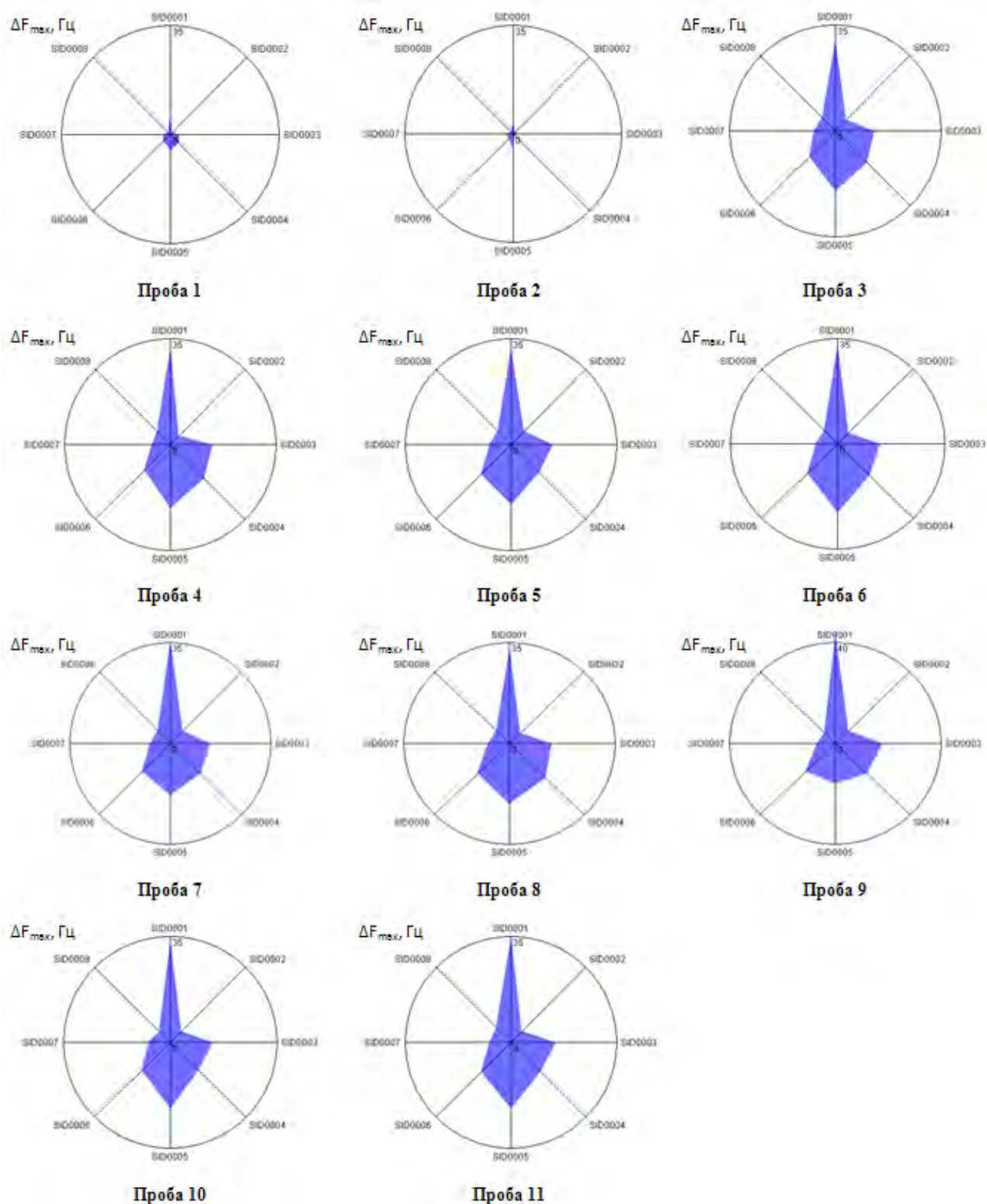


Рисунок 1. «Визуальные отпечатки» максимальных сигналов сенсоров в РГФ над анализируемыми образцами

Установлено различное содержание легколетучих органических соединений в РГФ над пробами (рисунок 1). Различаются образцы икорного джуса между собой и соусы с его добавлением. Различия определяются количеством внесенного ингредиента. Различается

интенсивность запаха проб, определяемая содержанием легколетучих соединений, на которые настроен массив сенсоров. Наибольшую интенсивность запаха имеют соусы с добавкой пробы 2 при малом его содержании [4, 5].

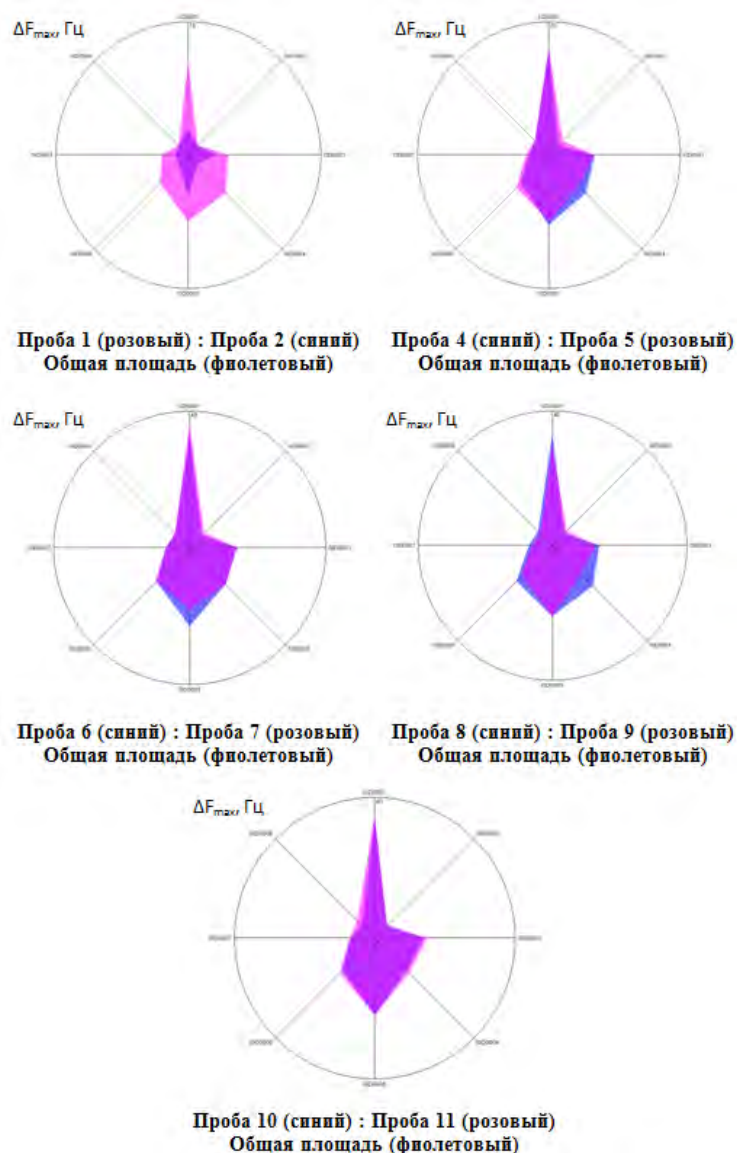


Рисунок 2. «Визуальные отпечатки» максимальных сигналов сенсоров в РГФ над анализируемыми образцами

Проследим изменения в количественном составе РГФ над пробой по относительному содержанию основных классов легколетучих соединений, оцененному методом нормировки (таблица 2).

Т а б л и ц а 2
Относительное содержание компонентов
в пробах, ω % масс

№ Пробы	S1 - ПВП	S2 - ПЭГ-2000	S3 - ПЭГА	S4 - Tween	S5 - ПДЭГС	S6 - ДШГ18К6	S7 - ПчК	S8 - БКЗ
1	26,9	3,8	11,5	15,4	19,2	11,5	7,7	3,8
2	22,2	5,6	11,1	5,6	27,8	11,1	11,1	5,6
3 - 0	27,8	4,6	12,0	13,9	18,5	11,1	6,5	5,6
Добавка по ТУ								
5-0,5	28,6	5,4	12,5	11,6	17,9	12,5	6,2	5,4
7-1,0	31,0	5,2	12,1	12,9	15,5	12,1	6,0	5,2
9-1,5	28,3	5,7	12,3	11,3	19,8	12,3	5,7	4,7
11-2,0	29,7	4,2	11,9	18,6	11,9	11,9	5,9	5,9
Добавка по ГОСТ								
4	28,8	3,6	12,6	14,4	18,9	10,8	5,4	5,4
6	28,2	4,3	12,0	12,8	19,7	12,0	6,0	5,1
8	28,0	4,2	11,9	14,4	17,8	12,7	5,9	5,1
10	30,1	4,4	12,4	11,5	19,5	11,5	6,2	4,4

Из данных таблицы 2 видно, что количественный состав РГФ над пробами в представленной выборке различен. Так в РГФ над пробами джуса различно содержание влаги, азотсодержащих соединений, кетонов, спиртов, кислот и циклических аминов (для проб 5, 7, 9, 11). По сравнению с пробой соуса без внесения икорного джуса во всех пробах изменяется содержание всех классов органических соединений, т.е. внесение добавки по-разному формируют аромат проб в зависимости от природы и содержания.

Икорный джус (проба 1) в большей степени изменяет (повышает) содержание свободной влаги, спиртов, кетонов, ацетатов в РГФ, более неоднородно изменяется содержание кислот и аминов в РГФ при варьировании содержания добавки, по сравнению с икорным джусом (проба 2).

Для установления различий в составе (качественном и количественном) легколетучей фракции запаха проследим изменение общего содержания легколетучих компонентов в РГФ над пробами (рисунок 2).

По форме фигуры «визуального отпечатка» максимальных откликов всех сенсоров в массиве установлены различия в химическом составе РГФ над пробами.

Установлено, что различия в качественном и количественном составе РГФ над образцами с добавлением 1,5 и 2,0 % икорного джуса являются существенно значимыми.

Проследить изменения в качественном составе РГФ над пробами и появление/исчезновение соединений легколетучей фракции позволяет параметр A_i/j , показывающий постоянство соотношения концентраций отдельных классов легколетучих соединений в РГФ (таблица 3).

Если показатели A_i/j для проб близки или совпадают для таких показателей РГФ над пробами по соотношению сигналов различных сенсоров, то можно считать, что соотношение содержания в пробах указанных соединений одинаково. Если соотношение сигналов отличается от таких для проб, то соотношение концентраций этих групп соединений различно, по сравнению с соответствующим стандартом.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Казакова Е.С. Сенсорный анализ продовольственных товаров. Кинель: РИЦ СГСХА, 2012. 120 с.
- 2 Алтухова Е.В., Калач Е.В., Дворянинова О.П. Инструментальная оценка качества рыбного сырья // Международный журнал экспериментального образования. 2011. № 8. С. 326-327.
- 3 Дворянинова О.П., Соколов А.В. Разработка высокоценных пищевых продуктов на основе объектов аквакультуры для обеспечения сбалансированного питания населения [Электронный ресурс] // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. Режим доступа: www.science-education.ru/121-18674.
- 4 Ghasemi-Varnamkhasti M., Mohtasebi S.S., Siadat M. Biomimetic-based odour and taste sensing systems to food quality and safety characterization. An overview on basic principles and recent achievements // Journal of food Engineering. 2010. P. 337 – 387.
- 5 Parkes G., Young J.A., Walmsley S.F. et al. Behind the signs – a global review of fish sustainability information schemes // Reviews in Fisheries Science. 2010. P. 344–356.

Т а б л и ц а 3

Соотношение сигналов нескольких сенсоров в матрице для тестируемых проб

№ пробы	Показатель стабильности аромата				
	ПДЭГС/ПВП	Tween/ПВП	ПЭГ-2000/ДПГ18К6	БКЗ/ПДЭГС	ПчК/ПЭГА
1	0,71*	0,57	0,33	0,20	0,67
2	1,25	0,25	0,50	0,20	1,00
3**	0,67	0,50	0,42	0,30	0,54
4	0,66	0,50	0,33	0,29	0,43
5	0,62	0,41	0,43	0,30	0,50
6	0,70	0,45	0,36	0,26	0,50
7	0,50	0,42	0,43	0,33	0,50
8	0,64	0,52	0,33	0,29	0,50
9	0,70	0,40	0,46	0,24	0,46
10	0,65	0,38	0,38	0,23	0,50
11	0,40	0,63	0,36	0,50	0,50
Доля содержания	аминов среди всех полярных и воды	кислот среди всех полярных и воды	Доля спиртов, кетонов среди всех кислородсодержащих	Циклических аминов среди всех азотсодержащих	Кетонных среди спиртов, кислот, кетонов

*выделены параметры с максимальным отклонением из выборки.

**курсивом выделены показатели для пробы без добавок.

Таким образом, в ходе проведения эксперимента доказано, что добавление икорного джуса в количестве более 1 % в рецептуры майонезных соусов не целесообразно, так как это приводит к существенному различию в составе РГФ и влияет на органолептические показатели готового продукта.

REFERENCES

- 1 Kazakova E.S. Sensornyi analiz prodovol'stvennykh tovarov [Touch analysis of foodstuff]. Kinel, RITS SGSXA, 2012. 120 p. (In Russ.).
- 2 Altukhova E.V., Kalach E.V., Dvoryaninova O.P. Tool assessment of quality of fish raw materials. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya* [International magazine of experimental education], 2011, no. 8, pp. 326-327. (In Russ.).
- 3 Dvoryaninova O.P., Sokolov A.V. Development the vysokotsennykh of foodstuff on the basis of objects of an aquaculture for ensuring the balanced food of the population. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. [Modern problems of science and education], 2015, no. 1. Available at: www.science-education.ru/121-18674.
- 4 Ghasemi-Varnamkhasti M., Mohtasebi S.S., Siadat M. Biomimetic-based odour and taste sensing systems to food quality and safety characterization. An overview on basic principles and recent achievements. *Journal of food Engineering*, 2010, pp. 337 – 387.
- 5 Parkes G., Young J.A., Walmsley S.F. et al. Behind the signs – a global review of fish sustainability information schemes. *Reviews in Fisheries Science*, 2010, pp. 344–356.

УДК 658 (075.8)

Студент Н.В. Желнинская, доцент Н.Л. Клейменова,

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.)

кафедра управления качеством и машиностроительные технологии. тел. (473) 253-26-30

E-mail: klesha78@list.ru

доцент Т.И. Игуменова

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.) кафедра химии и химической технологии органиче-

ских соединений и переработки полимеров, тел. (473) 255-92-37,

E-mail: regant7@rambler.ru

Student N.V. Zhelninskaya, associate Professor N.L. Kleimenova,

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of quality management and machine-building technologies. phone (473) 253-26-30

E-mail: klesha78@list.ru

associate Professor T.I. Igumenova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of chemistry and chemical technology of organic compounds and polymer processing. phone (473) 249-92-37

E-mail: regant7@rambler.ru

Разработка методики статистического анализа точности и стабильности процесса производства эпоксидной смолы ЭД-20

Development of a method statistical analysis accuracy and process stability production of epoxy resin ED-20

Реферат. Статистические методы играют важную роль в объективной оценке количественных и качественных характеристик процесса и являются одним из важнейших элементов системы обеспечения качества продукции и всего процесса управления качеством. Для получения качественной продукции необходимо знать реальную точность имеющегося оборудования, определять соответствие точности выбранного технологического процесса заданной точности изделия, оценивать стабильность технологического процесса. Большинство случайных явлений, происходящих в жизни, в частности, в производстве и научных исследованиях, характеризуются наличием большого числа случайных факторов, описывается законом нормального распределения, который является основным во многих практических исследованиях. Современные статистические методы довольно сложны для восприятия и широкого практического использования без углубленной математической подготовки всех участников процесса. Когда известно распределение случайной величины, можно получить все особенности данной партии изделий, определить среднее значение и дисперсию. С помощью статистических методов контроля и управления качеством проведен анализ точности и устойчивости технологического процесса производства эпоксидной смолы ЭД-20. Оценены числовые характеристики закона распределения контролируемых параметров и определен процент брака исследуемого объекта продукции. Для оценки устойчивости процесса производства эпоксидной смолы ЭД-20 выбраны контрольные карты Шухарта, использующие количественные данные, карты индивидуальных значений X и скользящих размахов R . С помощью диаграммы Парето определены причины, влияющие на низкую динамическую вязкость в наибольшей степени. Для анализа низких значений динамической вязкости проведен поиск причин возникновения дефектов при помощи диаграммы Ишикавы, которая показывает наиболее типичные факторы изменчивости результатов процесса. Для устранения проблемы рекомендуется модифицировать полимерную композицию углеродными фуллеренами и использовать разработанную методику для производства эпоксидной смолы.

Summary. Statistical methods play an important role in the objective evaluation of quantitative and qualitative characteristics of the process and are one of the most important elements of the quality assurance system production and total quality management process. To produce a quality product, one must know the real accuracy of existing equipment, to determine compliance with the accuracy of a selected technological process specified accuracy products, assess process stability. Most of the random events in life, particularly in manufacturing and scientific research, are characterized by the presence of a large number of random factors, is described by a normal distribution, which is the main in many practical studies. Modern statistical methods is quite difficult to grasp and wide practical use without in-depth mathematical training of all participants in the process. When we know the distribution of a random variable, you can get all the features of this batch of products, to determine the mean value and the variance. Using statistical control methods and quality control in the analysis of accuracy and stability of the technological process of production of epoxy resin ED-20. Estimated numerical characteristics of the law of distribution of controlled parameters and determined the percentage of defects of the investigated object products. For sustainability assessment of manufacturing process of epoxy resin ED-20 selected Shewhart control charts, using quantitative data, maps of individual values of X and sliding scale R . Using Pareto charts identify the causes that affect low dynamic viscosity in the largest extent. For the analysis of low values of dynamic viscosity were the causes of defects using Ishikawa diagrams, which shows the most typical factors of the variability of the results of the process. To resolve the problem, it is recommended to modify the polymer composition of carbon fullerenes and to use the developed method for the production of epoxy resins.

Ключевые слова: эпоксидная смола, анализ, брак, статистические методы.

Keywords: epoxy resin, analysis, spoilage, statistical methods.

© Желнинская Н.В., Клейменова Н.Л.,
Игуменова Т.И., 2015

В качестве напольного покрытия используются композиционные материалы на основе эпоксидных смол.

По физико-механическим показателям эпоксидно-диановые смолы должны соответствовать требованиям по ГОСТ 10587-84 «Смолы эпоксидно-диановые, неотвержденные. Технические условия».

Эпоксидная смола ЭД-20 представляет собой прозрачную вязкую жидкость желтоватого цвета без видимых механических включений.

Целью разработки методики статистического анализа точности и стабильности процесса производства эпоксидной смолы ЭД-20 является возможность контроля и своевременная корректировка технологического процесса. Главная задача – это поиск возможных разновидностей брака и основных причин его возникновения.

Для анализа процесса производства ЭД-20 применялись основные инструменты контроля качества – построение гистограмм распределения значений, контрольных карт Шухарта, диаграммы Парето, диаграммы Исикавы, диаграммы рассеяния.

Анализ гистограммы распределения значения показателя динамической вязкости ЭД-20 показал, что данные подчиняются нормальному закону распределения, но имеется брак, определенный с помощью функции Лапласа и равный 6 % (рисунок 1).

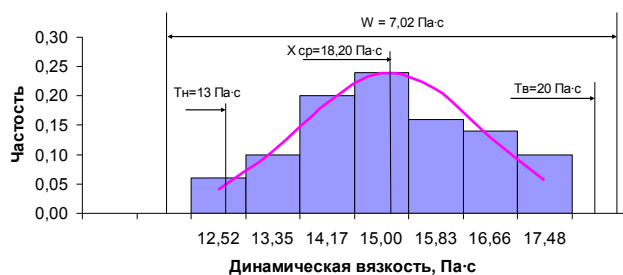


Рисунок 1. Гистограмма распределения значения показателя динамической вязкости эпоксидной смолы ЭД-20

Для определения статистической управляемости процесса построены (X - R) – карты Шухарта, с помощью которых возможно обнаружение отклонений значений характеристик для ЭД-20, вызванные причинами. Контрольные карты основаны на данных выборок и используются для обнаружения вариаций, которые обусловлены неслучайными причинами.

Карты среднего и размахов для ЭД-20 представлены на рисунках 2 и 3.

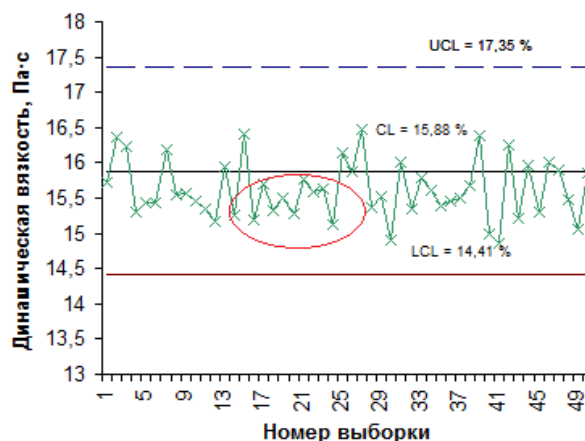


Рисунок 2. Контрольная X – карта по показателю динамическая вязкость для ЭД-20

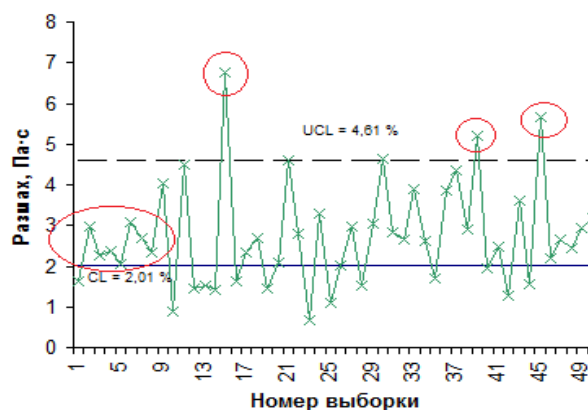


Рисунок 3. Контрольная R – карта по показателю динамическая вязкость для ЭД-20

Для поиска причин возникновения дефекта построена причинно-следственная диаграмма, представленная на рисунке 4, которая является одним из методов анализа взаимосвязей между входом процесса и возможными причинами появления отклонений на выходе. Анализ диаграммы Исикавы позволил выявить наиболее важные причины отклонения по данному показателю – это технология, сырье, оборудование и персонал.

Причины появления несоответствий выявлены по диаграмме Парето. Для этого рассчитан интегральный процент, расположив все причины дефекта в порядке убывания значимости.

В таблице 1 перечислены основные причины появления брака, связанного с низкой динамической вязкостью эпоксидной смолы ЭД-20.

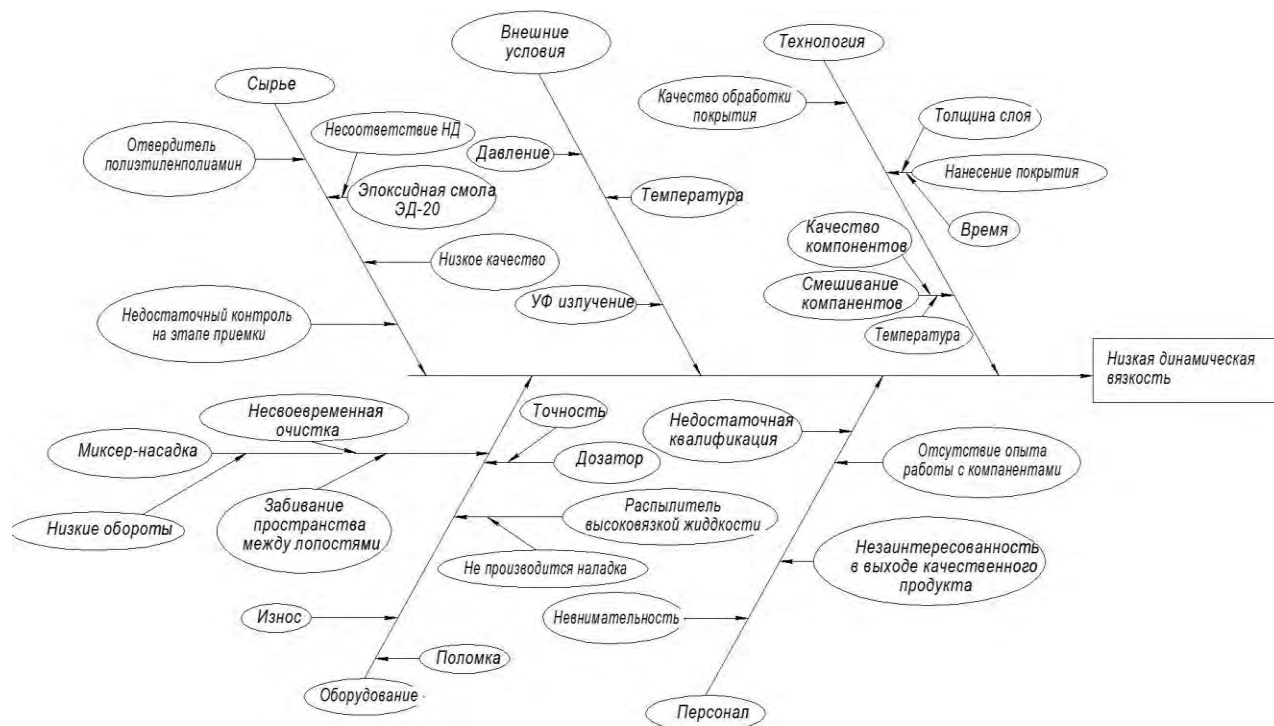


Рисунок 4. Диаграмма Исикавы

Таблица 1

Причины появления низкой динамической вязкости ЭД-20

Причины появления низкой динамической вязкости ЭД-20	Количество несоответствий, %	Кумулятивный процент несоответствий, %
Температура при сушке, °С	58,8	58,8
Несоответствие нормативной документации	22,6	81,4
Давление	11,3	92,8
Несвоевременная очистка оборудования	4,5	97,3
Недостаточная квалификация персонала	2,3	99,5
прочее	0,5	100

По полученным данным построена диаграмма Парето, изображенная на рисунке 5.

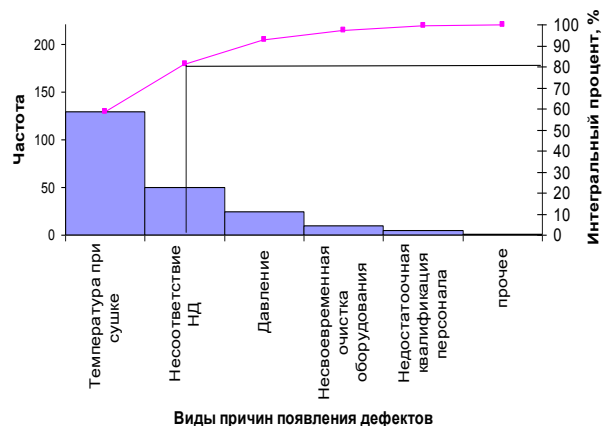


Рисунок 5. Диаграмма Парето по причинам появления низкой динамической вязкости ЭД-20

Таким образом, наиболее существенными причинами появления дефектов при производстве эпоксидной смолы являются: температура при сушке эпоксидной смолы и несоответствие нормативной документации.

Алгоритм методики статистического анализа точности и стабильности процесса производства эпоксидной смолы представлен на рисунке 6.

ЛИТЕРАТУРА

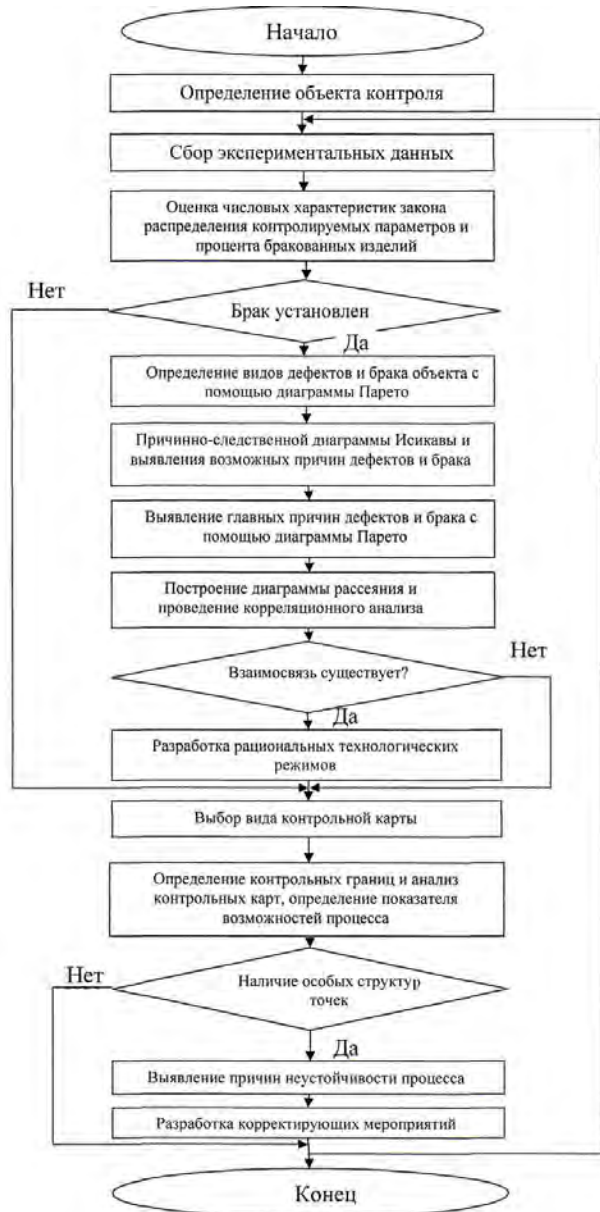


Рисунок 6. Алгоритм методики статистического анализа точности и устойчивости технологического процесса производства эпоксидной смолы ЭД-20

Для снижения выпуска бракованной продукции рекомендуется модифицировать полимерную композицию углеродными фуллеренами и использовать методику статистического анализа точности и устойчивости технологического процесса производства ЭД-20, которая позволит рационально повысить качество готового продукта, а также использовать сырье для производства, предотвращая перерасход исходных материалов.

1 Назина Л.И., Кульнева Н.Г., Клейменова Н.Л. Использование статистических методов анализа для оценки качества сахара-песка // Методы менеджмента качества. 2012. № 9. С. 40-44.

2 Кульнева Н.Г. и др. Статистическое моделирование при получении и очистке диффузионного сока в свеклосахарном производстве // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 1 (55). С. 150-155.

3 Желнинская Н.В., Леонтьева М.А., Клейменова Н.Л. Улучшение качества композитного материала на основе эпоксидной смолы с использованием углеродных фуллеренов // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Воронеж, Воронеж: Изд-во ВГУИТ, 2015. С. 237-238.

4 ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. М.: ИПК Издательство стандартов Публ., 1999. 32 с.

5 ГОСТ Р 50779.44-2001. Статистические методы. Показатели возможностей процессов. Основные методы расчета. М.: ИПК Издательство стандартов Публ., 2003. 16 с.

REFERENCES

1 Nazina L. I., Kulneva N. G., Kleimenova N. L. The use of statistical methods of analysis to assess the quality of sugar. *Metody menedzhmenta kachestva*. [Methods of quality management], 2012, no. 9, pp. 40-44. (In Russ.).

2 Kulneva N. G. et al. Statistical modeling in obtaining and purification of diffusion juice sugar beet industry. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of the Voronezh state University of engineering technologies], 2013, no. 1 (55), pp. 150-155. (In Russ.).

3 Zelninskaya N. V., Leontieva M. A., Kleimenova N. L. Improving the quality of the composite material based on epoxy resin with carbon fullerenes. *Sistemnyi analiz i modelirovanie protsessov upravleniya kachestvom* [System analysis and modeling of processes of quality management in the innovative development of agro-industrial complex : mater. Intern. sci.-practical conf. Voronezh]. Voronezh: Publishing house of VSUET, 2015. pp. 237 - 238. (In Russ.).

4 GOST R 50779.42-99. Statisticheskie metody. Kontrol'nye karti Shuharta. [State Standard 50779.42-99. Statistical methods. Shewhart control charts]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov., 1999, 32 p. (In Russ.).

5 GOST R 50779.44-2001. Statisticheskie metody. Pokazateli vozmojnostey processov. [State Standard 50779.44-99. Statistical methods. Indicators of opportunities processes]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov, 2003, 16 p. (In Russ.).

УДК 690-502.7

Доцент Е. А. Рудыка, доцент Е.В. Батурина,
инженер А.М. Жеребцова
(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.)
кафедра технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений.
тел. (473)249-60-242
E-mail: calidahieme@gmail.com

Associate Professor E.A. Rudyka, associate Professor E.V. Baturina,
engineer A.M. Zhrebtsova
(Voronezh state university of engineering technologies)
Department of organic synthesis and high molecular compounds.
phone (473)249-60-242
E-mail: calidahieme@gmail.com

Решение экологических проблем при производстве растворимого чая

The solution of environmental problems in the manufacture of instant tea

Реферат. При ведении многих технологических процессов, в том числе при эксплуатации сушильного оборудования хорошо зарекомендовала себя двухступенчатая схема очистки теплоносителя, включающая аппараты сухой и мокрой очистки выбросов. Проанализирована система очистки воздуха цеха сушки, специализирующегося на производстве пищевых порошков, на примере порошка растворимого чая. Были выявлены места пылевыведения в цехе сушки, при производстве растворимых пищевых порошков, определены параметры отработанного теплоносителя сушилки, проанализированы физические и структурно-механические свойства полученного продукта, а также определена эффективность работы существующих на предприятии средств очистки воздуха. Выявлено, что при сушке этого порошка в выбросах содержится большая доля мелкодисперсной фракции пыли, обладающей высокой гигроскопичностью и большой адгезионной способностью и использование рукавного фильтра в качестве второй ступени очистки недопустимо. Среднестатистическое значение улавливания циклоном находилось в интервале 72-76 %. Это связано с тем, что для этой пыли характерно наличие большого процента тонкой фракции, которая плохо улавливается сухим центробежным аппаратом очистки. После анализа эффективности работы существующей системы очистки, можно сделать вывод о нецелесообразности ее использования на предприятии при пыли, данного дисперсного состава и необходимости разработки другого, более совершенного и эффективного варианта. Используемый конический циклон не является достаточно эффективным аппаратом для очистки теплоносителя от мелкодисперсной пыли, поэтому его использование возможно лишь в качестве первой ступени двухступенчатой очистки воздуха. Из полученных результатов следует, что имеющаяся на предприятии система очистки воздуха не обеспечивала необходимой эффективности. Для обеспечения необходимого уровня очистки отработанного воздуха следует учитывать особые свойства пылей конкретного производства. В качестве второй ступени в данном случае, с учетом специфических особенностей данного вида пыли, целесообразно применять мокрые виды очистки. Предложено использование для очистки теплоносителя мокрого аппарата центробежно-инерционного действия. Представленные обобщенные характеристики пыли могут служить материалом, позволяющим оценить степень опасности в санитарно-гигиеническом отношении того или иного технологического процесса и являются исходными данными для расчета эффективности действующего очистного оборудования и проектировании нового.

Summary. In the conduct of many processes, including during operation of the drying equipment is well proven two-stage purification scheme of the coolant, including units for dry and wet cleaning emissions. This article was reviewed the system of purification of air of the shop of drying specializing on production of food powders on the example of powder of soluble tea. Detected locations the emission of dust in shop of drying, by production of soluble food powders, parameters of the fulfilled dryer heat carrier are determined, physical and structural and mechanical properties of the received product are analyzed, and also overall performance of the means of purification of air existing at the enterprise is defined. It is revealed that when drying this powder emissions contain a big share of fine fraction of the dust possessing high hygroscopicity and big adhesive ability and use of the hose filter as the second step of cleaning is inadmissible. The average value of catching the cyclone was in the range of 72-76 %. This is due to the fact that this dust is characterized by the presence of a large percentage of the fine fraction, which is poorly captured by the centrifugal dry cleaning apparatus. After analyzing the effectiveness of existing treatment systems, it is possible to draw a conclusion about inexpediency of its use in the enterprise when the dust dispersed composition of this and the need to develop other, better and more effective option. Used conical cyclone is not very effective device for cleaning of coolant from fine dust, so its use is possible only as the first stage of two-stage air purification. From the obtained results it follows that the existing air cleaning system did not provide the required efficiency. To ensure the required level of purification of exhaust air should take into account the special properties of the dusts of a particular production. As the second stage in this case, with regard to the specific characteristics of this type of dust, it is advisable to use wet types of cleaning. It was suggested use for cleaning of the heat carrier of the wet device of centrifugal and inertial action is offered. The presented generalized characteristics of dust can serve as the material allowing to estimate danger degree in the sanitary and hygienic relation of this or that technological process and are basic data for calculation of an efficiency of the operating clearing equipment and design new.

Ключевые слова: сушилка, очистка воздуха, пыль, свойства.

Keywords: dryer, purification of air, dust, properties.

Большую отраслевую значимость и экологическую роль в настоящее время по-прежнему принадлежит проблеме увеличения эффективности очистки выбросов промышленных предприятий. Выброс пылевидных продуктов в окружающую среду ухудшает общее экологическое состояние, увеличивает взрывопожароопасность производства и приводит к потерям дорогостоящего готового продукта.

Поэтому необходимость исследовать и реализовать возможности для повышения эффективности основных способов очистки воздушных выбросов соответствующего производства, а также обосновать необходимый уровень очистки отработанного воздуха с учетом существующих экологических требований.

Однако существующий опыт показал, что механический перенос очистного оборудования, хорошо проявившего себя в определенных условиях, может дать неприемлемый результат в условиях другого производства [1, 2].

А значит, для повышения эффективности работы оборудования необходимы полноценные сведения о структурно-механических и физико-химических свойствах улавливаемых пылевидных пищевых продуктов и режимных параметрах отработанных воздушных выбросов. Это поможет выбору оптимальной схемы очистки для конкретных условий производства.

При ведении многих технологических процессов, в том числе при эксплуатации сушильного оборудования в отраслях пищевой промышленности, хорошо зарекомендовала себя двухступенчатая схема очистки теплоносителя, включающая аппараты сухой и мокрой очистки выбросов.

Нами были выявлены места пылевыведения в цехе сушки, при производстве растворимых пищевых порошков, определены параметры отработанного теплоносителя сушилки, проанализированы физические и структурно-механические свойства полученного продукта, а также определена эффективность работы существующих на предприятии средств очистки.

На предприятии атмосферный воздух проходит фильтр грубой очистки, затем подается вентилятором сначала в паровые калориферы, затем в электрические, где он нагревается и затем подается в газоподводящее устройство распылительной сушилки.

Поступившее на предприятие сырье проходит следующие этапы: разведение его до требуемой концентрации, предварительное нагревание и перемешивание в чугунном аппарате.

Подлежащий сушке подготовленный рабочий раствор, подается насосом на одну из пневматических форсунок. В рабочем объеме сушилки РС-250 распыленный исходный продукт смешивается с теплоносителем и высушивается, а отработанный теплоноситель поступает в циклон на очистку вместе с частью неуловленного пищевого продукта.

В воздухе рабочей зоны цеха при сушке порошков значительные потери сухого продукта наблюдаются в результате неплотного соединения элементов сушильной камеры и отводящего трубопровода.

Следующей причиной пылевыведения является необходимость периодических остановок технологического процесса и разгерметизации сушильной камеры. К участкам повышенной запыленности относятся операции разгрузки, развеса сухого продукта, а также затаривания его в бумажные мешки.

Все это приводит к попаданию в рабочую зону производственного помещения мелкодисперсной пыли, которая свободно перемещается с потоками воздуха из одного помещения цеха в другое, а затем выбрасывается в атмосферу из системы вытяжной общеобменной вентиляции предприятия.

Осевшая пыль убирается из помещения, как правило, сухим способом при помощи метел. Согласно проведенным замерам, концентрация мелкодисперсной пыли в воздухе рабочей зоны превышает предельно допустимую концентрацию при выгрузке сухого пищевого продукта и уборки производственного помещения.

Но первостепенной причиной потерь готового пищевого продукта и, как следствие, загрязнения атмосферного воздуха вокруг предприятия является недостаточно эффективная работа пылеочистного оборудования.

Изначально, на предприятии использовалась двухступенчатая система очистки. При этом в качестве сухой очистки был использован конический циклон, а в качестве второй ступени был установлен рукавный фильтр.

Нами проводился ряд исследований с мелкодисперсной чайной пылью.

Сушка этих порошков происходила при расходе исходного продукта около $1000 \text{ дм}^3/\text{час}$. Величина расхода воздуха, подаваемого в циклон колебалась в пределах $8500\text{--}8747 \text{ м}^3/\text{час}$. Температура на входе в циклон составляла $92\text{--}97^\circ\text{C}$.

Среднестатистическое значение улавливания циклоном находилось в интервале $72\text{--}76\%$. Это связано с тем, что для этой пыли характерно наличие большого процента тонкой фракции, которая плохо улавливается сухим центробежным аппаратом очистки.

Дисперсный состав пылевидного продукта определяли микроскопически, а также с использованием струйного сепаратора– импактора, предложенного НИИОГАЗ.

Из проведенного анализа следует, что при сушке этих порошков в выбросах содержится большая доля мелкодисперсной фракции пыли. В исследованном отработанном теплоносителе присутствуют около 80 % частиц размером менее 20 мкм. В отработанном воздухе после очистки в циклоне содержится в основном пыль размером менее 10 мкм. Она составляет около 90 % по массе.

Использование рукавного фильтра в качестве второй ступени очистки дает хорошие результаты, доля мелкодисперсной фракции пыли уменьшается. Среднестатистическое значение улавливания фильтром находилось в интервале 95-98 %. Однако использование этого пылеуловителя при производстве растворимого чая весьма затруднено и нецелесообразно.

Это связано со специфическими свойствами этой пыли и доказывает, что при улавливании, хранении и транспортировке пылевидных продуктов важно учитывать структурно-механические свойства соответствующих пылей и порошков.

Нами определялась объемная масса полученной чайной пыли и были получены уравнения, которые связывают величины объемной массы чайной пыли без уплотнения образца M_0 и объемной массой образца с уплотнением M_{01} с учетом размера пыли частиц d . Полученные уравнения представлены ниже:

$$M_0 = 789,6112 - 0,3872 d + 0,0001 d^2 \quad (1)$$

$$M_{01} = 976,8914 - 0,6769 d + 0,0001 d^2 \quad (2)$$

Эти уравнения характеризуют зависимость M_0 и M_{01} от размера частиц d в диапазоне 20-246 мкм. Коэффициенты корреляции для выборки $XU_1 = 0,9942$, $XU_2 = 0,9933$. Размер выборки - 8 точек. По результатам исследований выявлено, что величина M_0 повышается с уменьшением размера частиц порошка, при этом максимальным значениям объемной массой M_0 и M_{01} соответствует наличие фракций в очищенном в циклоне воздухе. По нашему заключению, мелкие частицы пыли заполняют промежутки между более крупными частицами, увеличивая значения M_0 и M_{01} . Полученные уравнения рекомендуется использовать при проектировании используемого в промышленности технологического оборудования.

Нами также проводились исследования коэффициента текучести K_t , скорости истечения пыли V и угла естественного откоса α

для продукта, полученного при помощи распылительной сушилки.

Согласно результатам исследования, в заявленном диапазоне размеров частиц 20-246 мкм, увеличение частиц пыли приводит к уменьшению величины K_t и увеличению величины V . При этом исследования фракций с размерами частиц пыли менее 60 мкм результаты измерения зафиксированы только при влажности $W = 1,0$ %. При увеличении влажности пылевидные фракции без вибрации из воронки не высыпались.

Для частиц размером менее 250 мкм средние значения величины угла естественного откоса α после сушки (влажность около 2,5 %) составляют 35-38 °С.

После анализа эффективности работы существующей системы очистки, можно сделать вывод о нецелесообразности ее использования на предприятии при пыли, данного дисперсного состава и необходимости разработки другого, более совершенного и эффективного варианта.

Используемый конический циклон не является достаточно эффективным аппаратом для очистки теплоносителя от мелкодисперсной пыли, поэтому его использование возможно лишь в качестве первой ступени двухступенчатой очистки воздуха.

В качестве второй ступени в данном случае, с учетом специфических особенностей данного вида пыли, целесообразно применять мокрые виды очистки.

Они могут обеспечить высокую эффективность улавливания мелкодисперсной и гигроскопичной чайной пыли. Скрубберы надежны в эксплуатации и высокоэффективны. Кроме того, мокрый пылеуловитель центробежно-инерционного действия позволит обеспечить дополнительную экономию готовой продукции. Поэтому нами была разработана установка для мокрой очистки теплоносителя, которая обладает явными преимуществами и дает высокую эффективность очистки воздуха от мелкодисперсной пыли, обладающей представленными выше свойствами.

Из полученных результатов следует, что имеющаяся на предприятии система очистки воздуха не обеспечивала необходимой эффективности. Для обеспечения необходимого уровня очистки отработанного воздуха следует учитывать особые свойства пылей конкретного производства.

С учетом специфики данного промышленного объекта тому нами была разработана установка для мокрой очистки теплоносителя, которая обладает явными преимуществами и дает высокую эффективность очистки воздуха от мелкодисперсной пыли, обладающей представленными выше свойствами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рудыка Е. А., Батурина Е. В., Семенихин О. А., Матюшенко И. Н. Модернизация аппаратов очистки отработанного воздуха в пищевой промышленности // Вестник Воронежского технического университета. 2010. Т. 6. № 8. С. 40-42.

2 Промышленное газовое оборудование: Справочник. 5-е изд., перераб. и доп. Саратов: Газовик, 2010. 992 с.

REFERENCES

1 Rudyka E.A., Baturina E.V., Semenikhin O.A., Matyushchenko I. N. Modernization of exhaust air purification devices in the food industry. *Vestnik Voronezhskogo tekhnicheskogo universiteta*. [Bulletin of the Technical University of Voronezh], 2010, vol. 6., no. 8, pp. 40-42. (In Russ.).

2 Promyshlennoe gazovoe oborudovanie [Industrial gas equipmen]. Saratov, Gazovik, 2010. 992 p. (In Russ.).

УДК 678.762.2

Профессор С.С. Никулин, аспирант М.А. Провоторова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.)

кафедра технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений.

тел. (473) 249-60-24

E-mail: provotorova-ma@mail.ru

к.т.н. Н.С. Никулина

(Воронежский институт ГПС МЧС России)

кафедра пожарной безопасности технологических процессов

Professor S.S. Nikulin, graduate M.A. Provotorova

(Voronezh state university of engineering technologies)

Department of technology of organic synthesis and macromolecular compounds.

phone (473) 249-60-24

E-mail: provotorova-ma@mail.ru

PhD N.S. Nikulina

(Federal state budget educational establishment the Voronezh institute of firefighting service of ministry of Russian federation for civil defence, emergencies and elimination of consequences of natural disasters) Department of fire safety process

Применение в производстве эмульсионных каучуков отхода сахарного производства - мелассы

Used in the manufacture of emulsion rubber waste of sugar manufacture – molasses

Реферат. В настоящее время большое внимание уделяется разработкам, позволяющим использовать отходы и побочные продукты, образующиеся в ходе технологических процессов некоторых производств. Это позволяет либо снизить, либо полностью исключить применение ценного и дорогостоящего сырья. Использование данного сырья в процессе производства синтетического каучука позволит не только снизить затраты на коагулирующие и подкисляющие агенты, но и улучшить экологическую обстановку. Рекомендуются в ряде случаев эффективные коагулирующие агенты на основе полимерных четвертичных солей аммония (ПЧСА) обладают высокой коагулирующей способностью, и, следовательно, невысоким расходом при выделении каучука из латекса (3-5 кг·т⁻¹ каучука). Дефицитность и высокая стоимость данных препаратов приводит к удорожанию получаемого каучука. Кроме того известно, что применение ПЧСА требует выдерживания достаточно точной дозировки вводимого вещества при действии на латекс, за счет высокой антисептической способности могут привести к сбросу в природные водоемы загрязненных вод. Однако использование в качестве коагулирующего агента отхода свеклосахарного производства – мелассы, позволяет решить ряд проблематичных стадий в процессе производства синтетического каучука. Во-первых, хорошо изучено эффективное коагулирующее действие различных азотистых производных, относящихся к катионам ПЧСА. В свежеприготовленных растворах мелассы их содержится около 9 мас. %, и эта величина значительно увеличивается в процессе ферментативного брожения. Во-вторых, сильно кислая среда водных растворов мелассы после хранения может позволить применять их в дополнение или вместо серной кислоты, используемой в большом количестве (до 15 кг·т⁻¹ каучука) в технологии выделения. Проведенными испытаниями установлено, что вулканизаты, полученные на основе образцов каучука, выделенного мелассой, соответствовали предъявляемым требованиям и были аналогичны контрольному образцу, полученному из латекса с применением хлорида натрия.

Summary. Currently, much attention is paid to development, allowing use of waste and by-products formed during certain manufacturing processes. This allows you to either reduce or completely eliminate the use of valuable and expensive raw materials. The use of this raw material in the production of synthetic rubber will not only reduce the cost of coagulation and acidifying agents, but also to improve the environmental situation. Featured in some cases effective coalescing agents based on polymeric quaternary ammonium salts (PCHSA) have a high coagulating power, and hence low consumption of the allocation of the rubber latex (3-5 kg/t-1 rubber). Scarcity and high cost of these drugs leads to higher prices resulting rubber. Furthermore it is known that the application requires keeping PCHSA sufficiently precise dosage administered substances by the action of a latex, owing to the high capacity of the antiseptic may lead to discharge into natural waters polluted waters. However, using as the coagulating agent departing sugar production - molasses solves a number of problematic steps in the production of synthetic rubber. First, a well-studied effective coagulation effect of different nitrogen derivatives relating to cationic surfactants. In freshly prepared solutions of molasses contained about 9 wt%, and this value increases significantly during enzymatic fermentation. Secondly, highly acidic environment of aqueous solutions of molasses after storage can allow their use in addition to or instead of the sulfuric acid used in large amounts (up to 15 kg m-1 rubber) technology selection tests carried found that vulcanizates derived from rubber samples isolated molasses, consistent with the requirements and were similar to control samples prepared from the latex using sodium chloride.

Ключевые слова: эмульсионные каучуки, меласса, вулканизаты, коагуляция.

Keywords: emulsion rubbers, molasses, vulcanizates, coagulation.

© Никулин С.С., Провоторова М.А.,
Никулина Н.С., 2015

Пищевая промышленность, перерабатывающая многокомпонентное сырье, в основном, сельскохозяйственного происхождения, извлекает, как правило, один какой-либо компонент: сахар - из сахарной свеклы, крахмал - из картофеля и зерна, растительное масло - из семян подсолнечника, хлопок и др.

Для получения основной продукции сырье используется лишь на 15-30 %, остальная часть остается в отходах. Практически все эти отходы являются вторичными сырьевыми ресурсами, т.к. содержат значительные количества ценнейших веществ - витаминов, клетчатки, белка, микроэлементов и др. Однако, содержание сухих веществ во вторичных сырьевых ресурсах пищевой промышленности составляет всего 5-10 %, они очень нестойкие при хранении, быстро сбраживаются, теряя ценные компоненты и загрязняя окружающую среду.

Основными отходами сахарного производства являются: свекловичный жом, фильтрационный осадок и меласса. Эти отходы представляют большую ценность и используются на корм скоту, для удобрения полей или как сырье для выработки других видов продукции.

В тоже время в производстве каучуков, получаемых эмульсионной полимеризацией одной из проблематичных стадия является стадия его выделения из латекса. Рекомендуются в ряде случаев для этих целей коагулирующие агенты на основе полимерных четвертичных солей аммония обладают высокой коагулирующей способностью, невысоким расходом на выделение каучука из латекса (3-4 кг/т каучука) [4]. Однако высокая стоимость данных продуктов приводит к удорожанию получаемой продукции, что сдерживает их активное применение в технологии выделения каучука из латекса.

Поэтому поиск новых технологических решений в технологии выделения каучуков из латексов и новых коагулирующих агентов имеет важное и актуальное значение. Активные поиски их продолжаются и до настоящего времени. Особое внимание при этом необходимо уделять и безопасности для здоровья человека и окружающей среде. Предлагаемые для этих целей коагулянты и продукты их взаимодействия с компонентами эмульсионной системы должны обесвреживаться на очистных сооружениях.

Перспективными в этом плане могут оказаться отходы предприятий пищевой промышленности и, в частности, пенный концентрат подсырной сыворотки, использование

которой в процессе выделения каучука из латекса СКС-30 АРК позволяет исключить применение минеральных солей [5].

Цель данного исследования - изучение возможности применения для выделения каучука из латекса СКС-30 АРК мелассы - отхода свеклосахарного производства.

Меласса свекловичная (патока) - отход свеклосахарного производства, сиропообразная жидкость темно-бурого цвета со специфическим запахом. Содержит 20-25 % воды, около 9 % азотистых соединений, преимущественно амидов 58-60 % углеводов, главным образом сахара, 7-10 % золы.

Состав мелассы колеблется в следующих пределах (% к массе): сухих веществ 76-85; сахара 46-51; азот общий 1,2-2,0; бетаин 4-7; редуцирующие вещества 0,2-2,5; раффиноза 0,6-1,4; молочная кислота 4-6; уксусная и муравьиная кислоты - по 0,2-0,5; зола кондуктометрическая 6-11. Чистота - 56-62 %. Вязкость - 4-8 Па·с при 40 °С; pH 6-8; плотность 1445 кг/м³.

Для выделения бутадиен-стирольного каучука из латекса исходный раствор мелассы разбавляли водой. Для исследования использовали раствор мелассы, имеющей сухой остаток 12,2 %.

Выделение каучука СКС-30 АРК из латекса проводили по методике, описанной в работе [2].

В емкость для коагуляции загружали 10-20 г латекса (сухой остаток 19,8 %) и помещали в термостат для поддержания заданной температуры. После термостатирования в течение 10-15 минут в каучуковый латекс вводили расчетные количества заданного раствора мелассы. Перемешивали в течение 2-3 минут и вводили водный раствор серной кислоты с концентрацией 1,0-2,0 % для поддержания кислой среды коагуляции (pH 2,5-3,0). Образующуюся крошку каучука отделяли от водной фазы (серума), промывали в теплой воде и сушили при температуре 82 ± 2 °С. Высушенные образцы каучука извлекали из сушильного шкафа и после охлаждения до комнатной температуры взвешивали на аналитических весах и рассчитывали выход крошки каучука в процентах.

Проведенными исследованиями установлено закономерное повышение выхода крошки каучука с увеличением расхода водного раствора мелассы, что соответствует повышению расхода коагулирующего агента. Установлено, что полнота выделения каучука из латекса достигалась при расходе мелассы 180-200 кг/т каучука (по сухому остатку).

На основе полученной крошки каучука были приготовлены резиновые смеси и вулканизаты по общепринятым методикам (ТУ 38.40355-99). Проведенными испытаниями установлено, что вулканизаты, полученные на основе образцов экспериментального каучука, соответствовали предъявляемым требованиям и были аналогичны контрольному образцу, выделенному из латекса с применением хлорида натрия.

Свойства резиновых смесей и их вулканизатов оценивают по следующим показателям: способность к преждевременной вулканизации по Муни ГОСТ 10722-76; кинетика вулканизации по ГОСТ 12535-84; упруго-прочностные свойства ГОСТ 270-75 после вулканизации в различных режимах для определения сопротивления реверсии; стойкость к термическому старению ГОСТ 9.024-74.

Эти отходы - органические продукты, при нарушении санитарных правил хранения могут существенно ухудшать эпидемиологическую обстановку. Несанкционированное хранение отходов приводит к увеличению количества грызунов, насекомых, некоторых видов птиц, являющихся носителями многих заболеваний.

Одним из таких отходов пищевой промышленности, который может найти применение в промышленности синтетического каучука является меласса свекловичная.

Меласса (патока) свекловичная является побочным продуктом сахарных культур. Состав свекловичной мелассы (патоки) зависит от многих факторов, таких как климатические и почвенные условия произрастания свеклы, переработки и хранения и т.д.

Анализируя состав мелассы, можно сделать вывод, что в ее составе присутствует ряд компонентов, которые могут выполнять функцию коагулирующих агентов при выделении эмульсионных каучуков из латексов.

Литературных данных по применению мелассы в качестве коагулирующего агента обнаружено не было. Поэтому как с научной, так и с практической точки зрения представляет интерес изучить возможность применения мелассы в технологии выделения эмульсионных каучуков из латексов. При этом можно отметить, что по данному направлению может быть использованы мелассы, которая по основным своим показателям не может быть использована в качестве кормовой добавки или для производства спирта.

Результаты экспериментов представлены на рисунке 1.

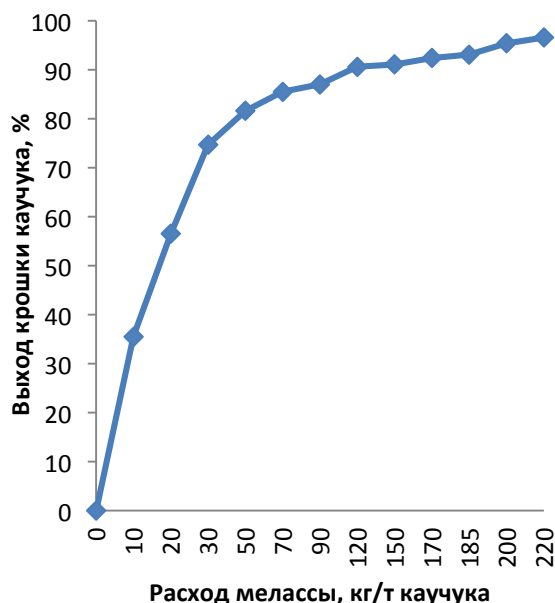


Рисунок 1. Зависимость выхода крошки каучука от расхода мелассы, кг·т⁻¹ каучука

Коагуляцию латекса СКС-30 АРК проводили согласно общепринятой методике. В качестве коагулирующих агентов использовали растворы перечисленных выше солей, в качестве подкисляющего агента - 1,0-2,0 % раствор серной кислоты. Температуру коагуляции 20 ± 2 °С. Выделение каучука из латекса проводили в емкости, снабженной перемешивающим устройством и помещенную в термостат для поддержания заданной температуры, рН коагуляции 2,5 - 3,0. Полноту коагуляции оценивали визуально по прозрачности серума и гравиметрически - по массе получаемой крошки каучука.

Установлено, что полноту коагуляции достигали при расходе мелассы 185-190 кг/т каучука. В тоже время кислую среду коагуляции (рН=2,5-3,0) достигали при расходе подкисляющего агента 12-13 кг/т каучука.

Анализ представленных результатов показал, что вулканизаты, изготовленные на основе каучука, выделенного из латекса с использованием отхода сахарного производства - мелассы, обладают комплексом свойств, близким к вулканизатам, полученным на основе каучука, выделенного из латекса хлоридом натрия (стандартный образец).

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Никулина Н.С., Провоторова М.А., Ряднова А.А., Митрохина С.В. и др. Изучение возможности применения в производстве эмульсионных каучуков сульфата и нитрата аммония // Промышленное производство и использование эластомеров. 2014. №3. С. 26-28.
- 2 Пояркова Т.Н., Никулин С.С., Пугачева И.Н., Кудрина Г.В. и др. Практикум по коллоидной химии латексов. М.: Издательский дом Академии Естествознания, 2011. 124 с.
- 3 Марк Дж., Эрман Б., Эйрич Ф. Каучук и резина. Наука и технология. М.: Интеллект, 2011. 768 с.
- 4 Рассел Дж. Каучуки. М.: Интеллект, 2012. 96 с.
- 5 Кленин В.И., Федусенко И.В. Высокомолекулярные соединения. 2013. 512 с.

REFERENCES

- 1 Nikulina N.S., Provotorova M.A., Ryadnova A.A., Mitrokhin S.V. et al. Study of possible use in the production of emulsion rubber sulfate and ammonium nitrate. *Promyshlennoe proizvodstvo kauchukov i ispol'zovanie elastomerov*. [Industrial production and use of elastomers], 2014, no. 3, pp. 26-28. (In Russ.).
- 2 Poyarkova T.N., Nikulin S.S., Pugacheva I.N., Kudrina G.V. et al. Praktikum po kolloidnoi khimii lateksov [Workshop on latex colloid chemistry]. Moscow, Akademiya Estestvoznaniya, 2011. 124 p. (In Russ.).
- 3 Mark J., Erman B., Eyrich F. Kauchuk i rezina. Nauka i tekhnologiya. [Rubber. Science and Technology]. Moscow, Intellect, 2011. 768 p. (In Russ.).
- 4 Russell J. Kauchuki [Rubbers]. Moscow, Intellect, 2012. 96 p. (In Russ.).
- 5 Klenin V.I., Fedusenko I.V. Vysokomolekulyarnyye soedineniya [Macromolecular compounds]. 2013. 512 p. (In Russ.).

УДК 543.456

Профессор Т.А. Кучменко

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра физической и аналитической химии.

тел. (473)255-07-62

E-mail: tak1907@mail.ru

студент А.С. Гриценко

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра биохимии и биотехнологии

студент П.И. Аристов

(Воронеж. гос. ун-т) кафедра информационных технологий управления

Professor T.A. Kuchmenko

(Voronezh state university of engineering technologies)

Department of physical and analytical chemistry.

phone (4732)255-07-62

E-mail: tak1907@mail.ru

student A.S. Gritsenko

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of biochemistry and biotechnology

student P.I. Aristov

(Voronezh state university) Department of information technology management

Разработка компьютерной лабораторной работы по атомно-силовой микроскопии биообъектов

Development of a computer laboratory work on atomic force microscopy of bioobjects

Реферат. Инновации в образовании основаны на применении новых эффективных образовательных и информационных технологий, внедрении прогрессивных форм организации образовательного процесса, активных методов обучения. Востребованным направлением в системе образования является разработка и внедрение виртуальных лабораторных работ. Для развития такого актуального раздела науки как биоинформатика, необходимо расширять возможности использования компьютеров для обработки информации, полученной с применением современных приборов. К таким методам исследования относится атомно-силовая микроскопия. Для студентов специальности 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика» в рамках СД «Основы нанобиотехнологии» разработана виртуальная лабораторная работа по теме «Обработка наноструктурных изображений биомолекул». В основу разработки лабораторной работы легло создание доступного для выполнения руководства. Лабораторный практикум позволяет ознакомиться с теорией по атомно-силовой микроскопии, устройством и принципом работы прибора. Позволяет студентам быстро освоить работу с программой по обработке АСМ-изображений Nova 1.0.26.1443. В ходе лабораторной работы, для решения поставленных задач из каталога изображений выбираются биообъекты, а для их изучения и описания используется программное обеспечение. Студенты работают с изображениями биомолекул в программе: изменяют их (увеличивают, выделяют отдельные области, оценивают геометрические параметры, работают с 3D-изображением), выполняют описание и сравнивают. Результаты обобщаются в виде таблицы и вывода. Эффективность и актуальность созданной работы доказана при итоговой и промежуточной аттестации студентов, и результатами их анкетирования. Данный вид работы применим для дистанционного обучения, для обеспечения лабораторного практикума СД «Нанотехнология», «Современные методы анализа», для других специальностей и направлений подготовки в качестве учебно-методического материала.

Summary. Innovations in Education are based on the use of new effective educational and information technologies, introduction of progressive forms of organization of educational process, active learning methods. The significant role in the educational system is the development and implementation of virtual labs. For the development of the contemporary science section as bioinformatics, it is necessary to extend the possibility of using computers for processing the information received with the use of modern devices. These research methods include atomic force microscopy. For students of the specialty 06.05.01 "Bioengineering and Bioinformatics" in the SD "Basics of Nanobiotechnology" it has been developed a virtual laboratory work on "Processing of nanostructured images of biomolecules." The basis for the development of laboratory work was the handbook modified for affordable performance. Laboratory workshop allows you to briefly find out the theory of atomic force microscopy, the organization and the principle of operation of the device. It allows students to quickly learn the using the program at the AFM image processing - Nova 1.0.26.1443. In the laboratory work for the tasks solution the biological objects are selected from the images catalog, and to study and describe of these objects the software is used. Students work with images of biomolecules in the program: change them (increasing, selection of separate areas, evaluate the geometrical parameters, work with 3D-image), writing a description and compare objects with each other. The results are summarized in a table and conclusion. The effectiveness and usefulness of the created laboratory work are proved by the results of student's survey and tested in the final and interim certification. This kind of work is suitable for distance learning, to provide a laboratory practicum in SD "Nanotechnology", "Modern methods of analysis" for other specialties as an educational and methodological materials.

Ключевые слова: дистанционное образование, атомно-силовая микроскопия, виртуальная лабораторная работа, биоинформатика.

Keywords: distance education, atomic force microscopy, virtual laboratory work, bioinformatics.

© Кучменко Т.А., Гриценко А.С., Аристов П.И., 2015

В настоящее время многие учебные заведения применяют новые технологии обучения, включая широкое применение виртуальных лабораторных работ (виртулабов) [1].

В России набирает популярность и дистанционное образование, являющееся своеобразной модернизацией заочного. Такое обучение имеет более открытую форму, поскольку дает право получить образование категориям лиц, не имеющих возможности получить его традиционным способом. Дистанционное образование также характеризуется широкой доступностью к образовательным ресурсам. Однако, слабым местом такого образования, на наш взгляд, является отсутствие практических и лабораторных занятий, необходимых для закрепления и более качественного усвоения теоретических знаний [2].

Виртуальный лабораторный практикум можно рассматривать как один из вариантов решения этой проблемы, и, несмотря на отсутствие реального физического эксперимента, в основе него все также лежат процессы получения и обработки экспериментальных данных.

Виртуализация ряда лабораторных и практических работ, связанных с применением инновационных и наукоемких методов, помогает формировать основные компетенции, знания, умения и навыки. Разработка таких работ применима для создания в дистанционном обучении образовательных программ, включающих практические и лабораторные работы со сложным оборудованием, это также актуально для различных спецкурсов, основанных на применении дорогостоящей аппаратуры, для подготовки к реальным лабораторным работам, для обработки данных сложного эксперимента и т.д. Особое значение такие работы имеют для студентов специалитета и магистратуры по ряду современных направлений подготовки.

Виртуальные лабораторные работы могут быть двухмерными и трехмерными, простейшими и сложными, практическими для учеников средней и старшей школы, студентов и преподавателей. Виртулабы разрабатываются для самых различных дисциплин [3].

С целью снижения зависимости и необходимости приобретения в каждый вуз дорогостоящей аппаратуры, сложных приборов, для дистанционного образования, а также для расширений направлений подготовки по приоритетным направлениям, разработка виртуального лабораторного практикума является актуальной и обоснованной.

В рамках специальности 06.05.01 «Биоинженерия и биоинформатика» по дисциплине «Основы нанобиотехнологии» (цикл СД), разработана виртуальная лабораторная работа для студентов 4 курса по теме «Обработка наноструктурных изображений биомолекул».

В пределах спецкурса рассматриваются основы, и формируются навыки исследования биологических объектов для обеспечения будущей профессиональной деятельности в соответствии с паспортом специальности 06.05.01.

Одним из современных информативных методов изучения биомолекул является атомно-силовая микроскопия. Но в отличие от химиков или физиков, для специалистов в области биоинформатики больший интерес представляет не обеспечение правильности получения изображения биообъекта, а максимальное извлечение информации из полученного изображения с помощью компьютерных программ. Поэтому главной задачей лабораторной работы явилось знакомство и приобретение навыков обработки изображений, полученных на атомно-силовом микроскопе.

Лабораторная работа основана на знакомстве с работой и получением АСМ-изображений с применением прибора Agilent Technologies 5500 AFM (производство ЗАО «НТ-МДТ», г. Зеленоград, Россия) и обработка изображений биомолекул из базы данных с применением мобильной, доступной для свободного скачивания, программы.

Алгоритм выполнения виртуальной лабораторной работы основан на нескольких этапах действий студентов:

1. Подготовка к выполнению лабораторной работы.

На этом этапе обсуждаются и рекомендуются необходимые для изучения студентами разделы теории метода атомно-силовой микроскопии и устройства работы прибора (рисунок 1).



Рисунок 1. Пример диалоговых окон лабораторной работы

Студентами самостоятельно осуществляется проработка лекций, описание теоретических и практических основ метода атомно-силовой микроскопии, схем приборов и принципов их функционирования. Просматривается фильм с демонстрацией микроструктурных изображений с разной кратностью увеличения этим прибором.

2. Знакомство с целью работы и выбор объектов исследования.

На этом этапе сформулирована следующая цель работы: ознакомление студентов с принципом действия атомно-силового микроскопа АСМ (Nova) и программой обработки изображений на примере различных биомолекул.

В качестве объектов исследования выбираются наноизображения биологических объектов, полученные в результате сканирования на атомно-силовом микроскопе и обработанные модулем Image Analysis, встроенным в программный пакет Nova (1.0.26.1443), размещенный в открытом доступе (официальный сайт [<http://www.ntmdt.ru>]).

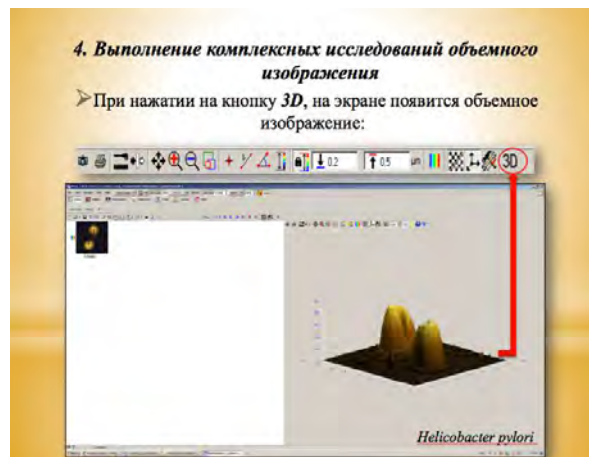
Осуществляемые при выполнении лабораторной работы преобразования не используют особенности физического процесса сканирования.

Обучение реализуется с помощью каталога биообъектов и доступного для скачивания и установки программного пакета Image Analysis Nova 1.0.26.1443, предназначенного для работы со сканирующей зондовой микроскопией. Это является спецификой такого вида работы, поскольку не требуется дополнительного оборудования, и изучение становится более доступным. А использование интерактивных текстов в виртуальной лабораторной работе способствует повышению качества образования и снижению финансовых расходов на освоение материала.

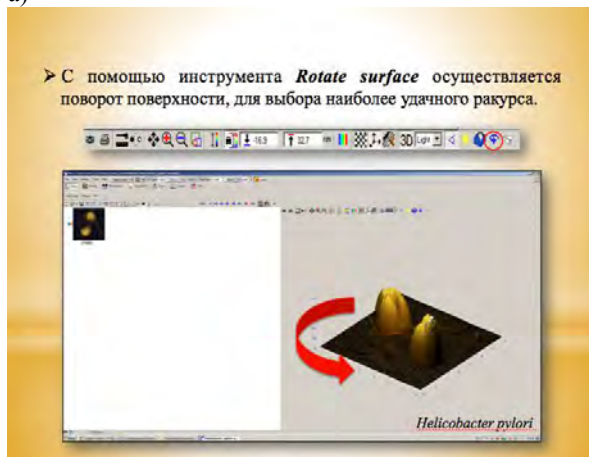
Каждый студент должен выбрать и обработать не менее 8 изображений (например, *Helicobacter Pylori*, молекулы ДНК, хромосомы, эритроцитов, наноприборов и т.д.).

3. Выполнение студентами поставленных задач.

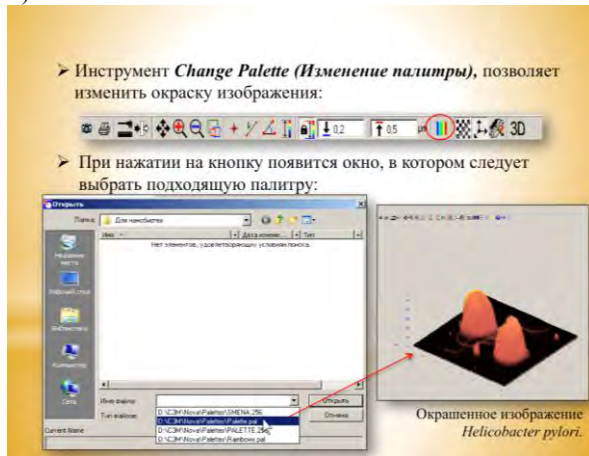
В лабораторной работе имеется инструкция для более доступного освоения методики работы, где на примере одной биологической наноструктуры наглядно и подробно описывается последовательность действий, которая будет понятна даже самому неопытному пользователю (рисунок 2).



а)



б)



в)

Рисунок 2. Диалоговые окна с представлением инструкций по обработке изображений (а, б, в)

В процессе выполнения работы учащийся должен выполнить анализ основных объектов изображения, рассчитать основные геометрические параметры, выполнить комплексные исследования объектов, представить измеренные и расчетные данные в виде таблицы, пример которой также проиллюстрирован в лабораторной работе (таблица 1).

Основные параметры и характеристики биообъектов

№	Наименование объекта	Основные параметры							
		2D изображение				3D изображение			Др. парамет- ры
		Длина, нм	Ширина, нм	Расстояние между основ- ными частями, нм	Параметры отдельных ча- стей, нм	Шерохова- тость, нм	Минимальная высота, нм	Максимальная высота, нм	

По окончании работы с обобщением и сравнением данных по нескольким биообъектам формулируется вывод.

По окончании работы от студентов требуется умение описывать и объяснять принцип работы прибора, методику проведения эксперимента. На уровне "владеть" – требуется владеть практическими умениями решать задачи в изученной области [4]. Открывается возможность научиться самостоятельно делать выводы из полученных данных, благодаря чему теоретический материал усваивается более глубоко.

Трудоемкость работы – 4 часа.

Апробация разработанной виртуальной лабораторной работы проведена в группе ПБ-112 (16 человек). Эффективность освоения материала проверена преподавателем на двух уровнях: 1) при защите лабораторных работ; 2) при итоговом тестировании.

Эффективность освоения знаний по этой теме достигает в группе 80 %, что на 20-30 % выше других работ, осваиваемых в традиционном режиме.

Обратная связь по оценке актуальности, эффективности и дружелюбности разработанной методической работы получена путем анкетирования студентов по окончании курса:

а. Полезна ли эта работа?

Да – 81%

Нет – 19%

б. Получили ли студенты новые знания?

Да – 56%

Нет – 25%

Затрудняюсь ответить – 19%

с. Интересно ли было использовать виртуальные фото и обрабатывать их (без получения снимка)?

Да – 100%

Нет – 0%.

Результаты опроса показали, что 80 % студентов считают виртуальную работу по обработке АСМ-изображений биомолекул полезной, интересной, формирующей новые навыки и знания; четверть – затруднилась ответить на вопрос о полученных знаниях, комментируя это тем, что в рамках одного занятия было недостаточно времени для более глубокого изучения программы.

Таким образом, двусторонняя оценка работы (преподаватель – студент) показала ее эффективность.

Наглядные компьютерные лабораторные работы предоставят преподавателям возможность поиска наиболее эффективных методов в обучении, что сделает занятия интересными и более насыщенными. Виртуальный комплекс составлен таким образом, что данную работу студенты могут выполнять и самостоятельно. Необходимым средством для самообучения является лишь умение пользоваться компьютером, и умение работать в сети интернет [5].

Несомненными достоинствами виртуальной лабораторной работы являются – возможность многократного просматривания студентами микроструктурных изображений биомолекул, работа с ними, оценка их свойств и геометрических параметров. Все это в итоге позволяет более эффективно формировать общекультурные и профессиональные компетенции в ходе обучения, более глубоко осваивать и получать новые знания и навыки [1].

Безусловно, виртуальные лабораторные работы не смогут полностью заменить реальные. Но при выполнении таких работ также формируются знания и представления, как о проведении эксперимента, так и о работе с оборудованием, которое необходимо для решения реальных задач. Вопрос в том, насколько ответственно к работе подходят учащиеся, насколько они готовы в результате учения делать самостоятельные выводы [4].

Инженерное образование в большой степени направлено на получение практических знаний, но в вузах такие виртуальные лабораторные пока используют редко, поскольку малоразвит сам рынок цифрового обучения в инженерной сфере. Необходима популяриза-

ция использования таких работ, так как создание новых методик и технологий приводит к открытию новых возможностей образования, и подготовке квалифицированных специалистов в этих областях.

ЛИТЕРАТУРА

1 Виртуальная образовательная лаборатория [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.virtulab.net/> (10 марта 2015 г.)

2 Пугачев А. С. Дистанционное обучение – способ получения образования // Молодой ученый. 2012. №8. С. 367-369.

3 Подберезкина А. Образовательный ресурс. 2013 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://zillion.net/ru/blog/247/virtual-nyie-laboratorii-dlia-distantcionnogho-obucheniia-vuzov-i-shkol> (13 марта 2015 г.)

4 Полат Е.С., Бухаркина М.Ю. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 272 с.

5 Профессиональная группа [Электронный ресурс] Тюмень, 2012. Режим доступа: <http://www.professionalgroup.ru/produkcziya/virtualnyie-laboratornyie-raboty.html> (15 мая 2015 г.)

REFERENCES

1 Virtual'naya obrazovatel'naya laboratoriya [Virtual teaching laboratory]. Available at: <http://www.virtulab.net/> (Accessed 10 March 2015). (In Russ.).

2 Pugachev A. S. Distance learning is a way of education. *Molodoy ucheniy*. [Young scientist], 2012, no.8. pp. 367-369. (In Russ.).

3 Podberezkina A. Obrazovatel'nyi resurs. 2013 [Educational resource]. Available at: <http://zillion.net/ru/blog/247/virtual-nyie-laboratorii-dlia-distantcionnogho-obucheniia-vuzov-i-shkol> (Accessed 13 March 2015). (In Russ.).

4 Polat E. S., Bukharkina M. Yu. Novye pedagogicheskie i informatsionnye tekhnologii v sisteme obrazovaniya [New pedagogical and information technologies in the education system] Moscow, Izdatel'skii centr «Akademiya», 2009. 272 p. (In Russ.).

5 Professional'naya gruppa [Professional group]. Tyumen', 2012. Available at: <http://www.professionalgroup.ru/produkcziya/virtualnyie-laboratornyie-raboty.html> (Accessed 15 may 2015).

Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов

УДК 628.16.08

Профессор С.И. Лазарев, доцент В.Л. Головашин,
(ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный технический университет)
кафедра прикладной геометрии и компьютерной графики. тел (4752) 63-10-19
E-mail: tstu@admin.tstu.ru

профессор К.К. Полянский, доцент О.Ю. Мальцева
(Воронежский государственный университет инженерных технологий)
кафедра биохимии и биотехнологии. тел. (473)255-55-57
E-mail: biotehvsuet@mail.ru

Professor S.I. Lazarev, associate Professor V.L. Golovashin,
(Tambov State Technical University)
Department of applied geometry and computer graphics. phone (4752) 63-10-19
E-mail: tstu@admin.tstu.ru

professor K.K. Polanskii, associate Professor O.Yu. Maltseva
(Voronezh state university of engineering technologies)
Department of biochemistry and biotechnology. phone (473)255-55-57
E-mail: biotehvsuet@mail.ru

Исследование коэффициента задержания в процессе обратноосмотического разделения биологических растворов биохимических производств

An estimate of the detention in the process of reverse osmosis separation biological solutions biochemical industries

Реферат. Задерживаемое мембраной растворенное вещество при обратноосмотическом разделении биологических растворов у поверхности мембраны постепенно накапливается и образует пограничный слой, где его концентрация выше, чем в основном объеме. Повышенная концентрация растворенного вещества в растворе у поверхности мембраны обуславливает отток растворенного вещества от активного слоя мембраны в объем разделяемого раствора. Спустя некоторое время в системе устанавливается стационарное состояние. Конвективный поток растворенного вещества к поверхности мембраны будет уравниваться суммой потоков растворенного вещества через мембрану и от поверхности мембраны в объем раствора, т.е. в случае концентрационной поляризации образуется пограничный диффузионный слой. Установлено, что на концентрационную поляризацию при обратноосмотическом разделении водных биологических растворов биохимических производств оказывает влияние величина потока растворителя и коэффициент массопереноса. Выполненные экспериментальные исследования, позволили охарактеризовать, что с помощью процесса обратного осмоса можно эффективно разделять, очищать и концентрировать промышленные растворы биохимических производств. Данные по коэффициенту задержания позволяют оценить влияния концентрационной поляризации на эффективность обратноосмотического разделения промышленных растворов. В результате проведенной систематизации и оценки экспериментальных данных и зависимостей по коэффициенту задержания выявлено, что с повышением концентрации, коэффициент задержания растворенных веществ снижается. На основе анализа и модификации предложено уравнение для теоретического расчета коэффициента задержания. Теоретическое описание коэффициента задержания точно адекватно рассчитывается модифицированным уравнением Н.В. Чураева, Б.В. Дерягина и В.М. Старова. Получены численные значения эмпирических коэффициентов, позволяют рассчитывать и прогнозировать коэффициенты задержания для аналогичных мембранных процессах разделения промышленных растворов. Приведены значения полученных коэффициентов корреляции. Коэффициенты корреляции уточняют, что коэффициент задержания имеет сильную обратную зависимость от концентрации растворенного вещества, что подтверждает влияние концентрационной поляризации на коэффициент задержания мембран.

© Лазарев С.И., Головашин В.Л.,
Полянский К.К., Мальцева О.Ю., 2015

Summary. Retained on a membrane solute in reverse osmosis separation of biological fluids at the surface of the membrane gradually accumulates and forms a boundary layer, where its concentration is higher than in the bulk. Increased concentration of solute in the solution at the membrane surface causes a diffusive flow of solids from the membrane surface into the bulk solution. After some time in the system it is a stationary state. A convective flow of solute to the membrane surface will be balanced by the sum of the fluxes of solute through the membrane and from the membrane surface into the bulk solution, i.e. in the case of concentration polarization is formed an edge of the diffusion layer. It is established that the concentration-polarization in reverse osmosis separation of the aqueous biological fluids biochemical production is influenced by the flow rate of solvent and the mass transfer coefficient. Experimental study allowed to characterize that by using the process of reverse osmosis can effectively divided, clear, and concentrate industrial solutions biochemical industries. Data at a rate of detention allow to evaluate the influence of concentration polarization on the efficiency of the reverse osmosis separation of industrial solutions. As a result of systematization and evaluation of experimental data and dependencies at a rate of detention found that with increasing the concentration, the rate of detention of solutes decreases. Based on the analysis and modification of the proposed equation for theoretical calculation of detention. Theoretical description of the coefficient detention accurately adequately calculated the modified equation N. V. Churaev, B. V. Deryaguin and V. M. Starov. The numerical values of the empirical coefficients, to calculate and predict the odds of arrest for a similar membrane separation processes industrial solutions. Values obtained correlation coefficients. The correlation coefficients specify that the rate of detention has a strong inverse dependence on the concentration of the dissolved substance, which confirms the influence of concentration polarization on the coefficient detention membranes.

Ключевые слова: биологический раствор, коэффициент задержания, мембрана, пограничный слой, концентрационная поляризация, обратный осмос.

Keywords: biological solution, factor arrest, membrane, boundary layer, concentration polarization, reverse osmosis.

Обратноосмотические процессы при разделении промышленных растворов биохимических производств пропускают растворитель в большей степени, но задерживают растворенное вещество. Задерживаемое мембраной растворенное вещество у поверхности мембраны постепенно накапливается в пограничном слое, где его концентрация возрастает. Повышенная концентрация у поверхности мембраны растворенных веществ повышает отток растворенных веществ от поверхности активного слоя мембраны в объем разделяемого раствора. Спустя некоторое время в системе устанавливается стационарное состояние. Конвективный поток растворенного вещества к поверхности мембраны будет уравновешиваться суммой потоков растворенного вещества через мембрану и от поверхности мембраны в объем раствора, т.е. в случае концентрационной поляризации образуется пограничный диффузионный слой. На концентрационную поляризацию при обратноосмотическом разделении биологических растворов биохимических производств оказывает влияние величина потока растворителя (J) и коэффициент массопереноса (k). Коэффициент массопереноса (k) зависит от гидродинамики потока в мембранном канале и связан числом Шервуда уравнением [1,2]:

$$S_h = \frac{k \cdot d_h}{D} = a \cdot Re^b \cdot Sc^c, \quad (1)$$

где Re – число Рейнольдса; Sc – число Шмидта; a , b и c – компоненты.

Вид течения раствора в мембранном канале ламинарный или турбулентный определяется числом Re . Переход от ламинарного к турбулентному в мембранном канале происходит

при числе Рейнольдса равным примерно 2000 и описывается следующим уравнением.

$$Re = \frac{d_h \cdot v}{V} = \frac{\rho v d_h}{\eta} \quad (2)$$

Число Шмидта:

$$Sc = \frac{V}{D} \quad (3)$$

где V – динамическая вязкость; d_h – гидродинамический диаметр; v – скорость течения раствора в мембранном канале; D – коэффициент диффузии.

Кроме увеличения скорости течения раствора, осуществляют пульсацию потока. Коэффициент массопереноса в основном зависит от коэффициента диффузии и скорости течения раствора в мембранном канале. Так коэффициент диффузии растворенных веществ можно увеличить повышением температуры, а также увеличением скорости течения раствора вдоль мембраны или за счет изменения формы и размеров модуля, уменьшая длину модуля и увеличивая гидродинамический диаметр. Особенно сильно действует концентрационная поляризация при обратноосмотическом разделении водных растворов спиртовых производств, поскольку большая величина потока растворителя (J), а коэффициент массопереноса очень маленький (k). Так как в процессе обратноосмотического разделения, коэффициент диффузии растворенных высокомолекулярных веществ и коллоиднообразующих веществ низкий [1-2].

Целью данной работы было исследовать влияния концентрации исходного раствора на коэффициент задержания процесса обратноосмотического разделения биологических растворов биохимических производств.

При оценке экспериментальных данных по коэффициенту задержания от концентрации растворенных веществ для исследуемых типов мембран приведенных на рисунках 1-3, следует учитывать изменения обрабатываемого раствора в результате выделения растворителя. Значительная часть экспериментальных исследований по коэффициенту задержания растворенных веществ полупроницаемыми мембранами выполнена в результате, когда извлекался растворитель из раствора в незначительном объеме. В практическом случае обычно желательнее выделить, возможно, большее количество воды, например, сконцентрировать раствор до возможно больших концентраций, чтобы реальнее оценить влияние концентрационной поляризации. Выделение воды ограничивается одной из трех причин: 1) высокой концентрацией растворенных веществ, при котором дальнейшее концентрирование (из-за уплотнения мембран, недостатков оборудования, больших расходов электроэнергии) становится невозможным; 2) сильное засорение мембран в результате концентрационной поляризации или адсорбции коллоидных частиц из раствора; 3) невысокий величинной коэффициента задержания мембран [4-6]. Очевидно, чтобы процесс можно было считать эффективным, задерживание определенных фракций должно с большим избытком превышать выделение (отходы) этих фракций. При сравнении системы обратного осмоса с другими мембранными методами разделения или очистки следует использовать значения коэффициента задержания, полученного при соответствующих средних концентрациях обрабатываемого раствора и ретентата. В большинстве случаев применения в первую очередь принимаются во внимание экономические факторы [7].

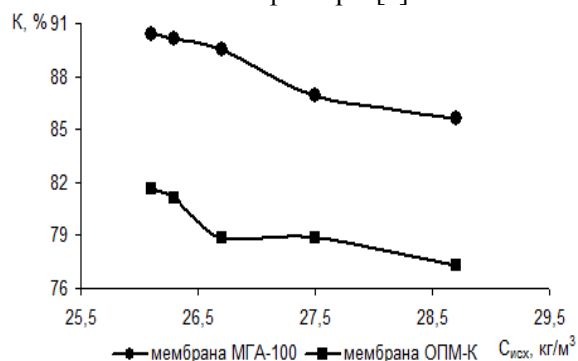


Рисунок 1. Зависимость коэффициента задержания обратного осмотического разделения водных растворов производства спирта из зернового сырья от исходной концентрации растворенных веществ на мембранах МГА-100 и ОПМ-К ($\Delta P=4,0$ МПа, $t=20^\circ\text{C}$, $W=0,25$ м/с)

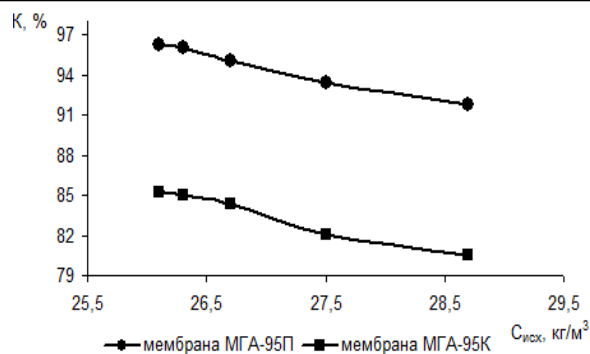


Рисунок 2. Зависимость коэффициента задержания обратного осмотического разделения водных растворов производства спирта из зернового сырья от исходной концентрации растворенных веществ на мембранах МГА-95П и МГА-95К ($\Delta P=4,0$ МПа, $t=20^\circ\text{C}$, $W=0,25$ м/с)

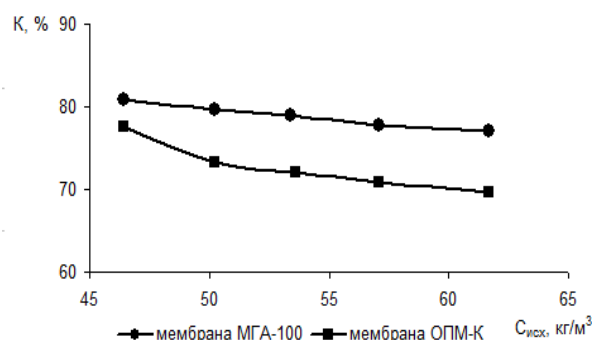


Рисунок 3. Зависимость коэффициента задержания мембран МГА-100 и ОПМ-К от исходной концентрации растворенных веществ в водных растворах производства спирта и дрожжей из свеклосахарной мелассы

Коэффициент задержания является важной характеристикой обратного осмотического процесса разделения растворов. Оценим характер влияния концентрации растворенных веществ на коэффициент задержания с теоретической точки зрения (рисунки 1-3). Из полученных экспериментальных данных наблюдается, что повышение концентрации растворенного вещества влечет к повышению нелинейной зависимости коэффициента задержания по всем видам исследуемых полупроницаемых обратного осмотических мембран (в экспериментально исследуемом интервале). Эту зависимость можно объяснить следующей гипотезой: растворенные вещества с начальной концентрацией адсорбируются на поверхности пор и аморфной части мембран, дальнейшее увеличение концентрации приводит к более плотному объемному заполнению пор мембран растворенными веществами, причем не исключено в какой-то мере блокирование пор. Также, дальнейшее увеличение концентрации растворенных веществ приводит раствор в более упорядоченное состояние, то есть образуются молекулярные агрегаты и другие более сложные

пространственные структуры, состоящие из молекул и ионов, а возможно и из молекул структурированной воды, как в примембранном слое, так и в поровом пространстве мембраны, что влечет за собой повышение коэффициента задержания обратноосмотической мембраной. Если идет дальнейшее повышение концентрации растворенных веществ, то это влечет повышение количества переносимого растворенного вещества через мембрану, что, следовательно, снижает коэффициент задержания.

На коэффициент задержания влияет и физическая природа полупроницаемой мембраны. В каждом конкретном случае его значения несколько выше, на одной из мембран выше по сравнению с другой. Это связано с различным видом физического взаимодействия растворенного вещества с активным слоем и разной пористой структурой активного слоя этих мембран [8-10].

Математическое выражение, описывающее коэффициент задержания получено на основе дифференциальных уравнений конвективной диффузии и неразрывности потока, и является интегральной величиной зависящей от многих факторов: концентрации исходного раствора, температуры раствора, рабочего давления, материала мембраны, гидродинамической обстановки в канале и над мембраной, и ряда других. Теоретический учет всех параметров влияющих на коэффициент задержания в настоящее время является практически невозможным, поэтому при расчетах используют ряд поправочных коэффициентов. В результате анализа проведенных экспериментальных исследований было принято решение использовать для теоретического расчета коэффициента задержания математическое уравнение Дерягина Б.В., Чураева Н.В., Старова В.М. и Мартынова Г.А. [14].

$$k = 1 - \frac{1}{1 + (\gamma - 1) \left[1 - \exp\left(-\frac{v \cdot h}{D_m}\right) \right] \cdot \exp\left(-\frac{v \cdot \delta}{D_0}\right)} \quad (4)$$

где D_0 , D_m - коэффициенты молекулярной диффузии растворенного вещества как в свободном объеме, так и в мембране, на которые влияет исходная концентрации растворенного вещества и температуры исследуемого раствора.

Коэффициент молекулярно диффузии в мембране растворного вещества рассчитывали как:

$$D_m = k_\delta \cdot D_0 \quad (5)$$

где k_δ - коэффициент распределения растворенного вещества между мембранной и растворителем:

$$k_\delta = 1/\gamma \quad (6)$$

вычисляется при проведении экспериментальных исследований сорбционных свойств обратноосмотических мембран.

В результате проведенных преобразований для наших исследуемых биологических растворов формула (4) примет следующий вид:

$$k = 1 - \frac{1}{1 + \left(\frac{1}{k_1 \cdot C^n} - 1 \right) [1 - \exp(-G \cdot k_2)] \cdot \exp(-G \cdot k_3)} \quad (7)$$

где: k_1 , k_2 , k_3 , n - эмпирические коэффициенты, зависящие от вида мембраны и типа исследуемого раствора.

В результате эмпирической обработки полученных экспериментальных данных были определены конкретные значения величин эмпирических коэффициентов k_1 , k_2 , k_3 , n для обратноосмотических мембран и растворенных веществ, находящихся в исследованных биологических растворах (таблица 1).

Т а б л и ц а 1
Значения величин эмпирических коэффициентов k_1 , k_2 , k_3 , n приведенных в уравнении (2.4)

Раствор	Мембрана	k_1	n	k_2	k_3
Производство спирта из зернового сырья	МГА-100	0,035	1,76	0,04	-0,9
	ОПМ-К	0,665	0,21	0,99	-0,15
Производство спирта и дрожжей из мелассы	МГА-100	141,4	0,67	0,0006	-0,336
	ОПМ-К	209,3	0,58	0,13	0,31

Проведенный сравнительный анализ полученных экспериментальных и расчетных значений по коэффициентам задержания на обратноосмотических мембранах показало приемлемый результат. Расхождение между значениями по коэффициенту задержания лежит в пределах $\pm 10\%$.⁽⁴⁾

Для оценки влияния параметров процесса на коэффициент задержания по методике, изложенной в приложении были рассчитаны коэффициенты корреляции [11-12] коэффициента задержания от концентрации исходного раствора, полученные значения приведены в таблице 2. Из таблицы видно, что коэффициент задержания имеет сильную обратную зависимость от концентрации растворенного вещества, что подтверждает влияние концентрационной поляризации на коэффициент задержания мембран.

Т а б л и ц а 2

Значения коэффициентов корреляции
от концентрации

Вид растворенного вещества	Тип мембраны	Коэффициент корреляции
Производство спирта из зернового сырья	МГА-100	-0,979
	ОПМ-К	-0,916
Производство спирта и дрожжей из мелассы	МГА-100	-0,995
	ОПМ-К	-0,944

В заключение проведенных экспериментальных исследований по обратноосмотическому разделению биологических растворов биохимических производств можно сделать следующие выводы:

1. Полученные экспериментальные данные, позволяют констатировать, что с помощью процесса обратного осмоса можно эффективно

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Мулдер М., Япольский С.И., Дубяга В.П. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999. 513 с.
- 2 Свитцов А.А. Введение в мембранную технологию. М.: ДеЛипринт, 2007. 208 с.
- 3 Дубяга В.П., Перепечкин Л.П., Каталевский Е.Е. Полимерные мембраны. М.: Химия, 1981. 232с.
- 4 Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и ультрафильтрация. М.: Химия, 1978. 352 с.
- 5 Терпугов Г.В. Очистка сточных вод технологических жидкостей машиностроительных предприятий с использованием неорганических мембран. М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. 96 с.
- 6 Шапошник В.А. Мембранные методы разделения смесей веществ // Сорковский Образовательный Журнал. 1999. № 9. С. 27–32.
- 7 Baker R.W. Membrane technology and applications. H.: WILEY, 2004. 538 p.
- 8 Strathmann H. Ion-Exchange Membrane Separation Processes // Membrane Science and Technology. 2003. V. 9. P. 360.
- 9 Pabby A. K., Rizvi S.S.H., Sastre A.M. Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications. CRC, 2008. 316 p.
- 10 Drioli E., Criscuoli A., Curcio E. Membrane Contactors: Fundamentals, Applications and Potentialities // Membrane Science and Technology. 2005. V. 11. P. 316.
- 11 Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1988. 552 с.
- 12 Власов В.К., Королев Л.Н., Сотников А.Н. Элементы информатики. М.: Наука, 1988. 320 с.

разделять, очищать и концентрировать биологические растворы биохимических производств. Данные по коэффициенту задержания позволяют охарактеризовать влияния концентрационной поляризации на эффективность обратноосмотического разделения промышленных растворов.

2. На основе анализа и модифицирования предложено уравнение для теоретического расчета коэффициента задержания. Получены численные значения эмпирических коэффициентов, позволяют теоретически рассчитывать и прогнозировать коэффициенты задержания в аналогичных мембранных процессах разделения промышленных растворов. Приведены значения коэффициентов корреляции для характеристики коэффициентов задержания при обратноосмотическом разделения промышленных растворов биохимических производств.

REFERENCES

- 1 Mulder M., Yapolskii S.I., Dubyaga V.P. Vvedenie v membrannuyu technologiiy [Introduction to the membrane technology]. Moscow, Mir, 1999. 513 pp. (In Russ.).
- 2 Svitsov A.A. Vvedenie v membrannuyu technologiiy [Introduction to the membrane technology]. Moscow, DeLiprint, 2007. 208 pp. (In Russ.).
- 3 Dubyaga V.P., Perepechkin L.P., Katalevskii E.E. Polimernye membrany [Polymeric membranes]. Moscow, Khimiya, 1981. 232c. (In Russ.).
- 4 Dytnerskii Yu.I. Obratnyi osmos [Reverse osmosis and ultrafiltration]. Moscow, Khimiya, 1978. 352 pp. (In Russ.).
- 5 Terpugov G.V. Ochistka stochnykh vod [Wastewater treatment process fluids companies using inorganic membranes]. Moscow, MITKhT, 2000. 96 p. (In Russ.).
- 6 Shaposhnik V.A. Membrane methods of separation of mixtures. *Sorovskii obrazovatel'nyi zhurnal*. [Soros Educational Journal], 1999, no. 9, pp. 27-32. (In Russ.).
- 7 Baker R.W. Membrane technology and applications. WILEY, 2004. 538 p.
- 8 Strathmann H. Ion-Exchange Membrane Separation Processes. Membrane Science and Technology, 2003, vol. 9, pp. 360.
- 9 Pabby A. K., Rizvi S.S.H., Sastre A.M. Handbook of Membrane Separations: Chemical, Pharmaceutical, Food, and Biotechnological Applications. CRC, 2008. 316 p.
- 10 Drioli E., Criscuoli A., Curcio E. Membrane Contactors: Fundamentals, Applications and Potentialities. Membrane Science and Technology, 2005, vol. 11, pp. 316.
- 11 Vasil'ev F.P. Chislennyye metody resheniya [Numerical methods for solving extreme problems]. Moscow, Nauka, 1988. 552 p. (In Russ.).
- 12 Vlasov V.K., Korolev L.N., Sotnikov A.N. Elementy informatiki [Elements of computer science]. Moscow, Nauka, 1988. 320 p. (In Russ.).

УДК 577+637

Заведующий кафедрой А.Г. Шлейкин, инженер Н.П. Данилов,
магистрант А.Е. Аргымбаева

(Университет ИТМО) кафедра химии и молекулярной биологии.

тел. (812) 575-69-08

E-mail: shleikin@yandex.ru

доцент С.В. Рыков

(Университет ИТМО) кафедра информатики и прикладной математики-2.

тел. (812) 314-78-64

E-mail: togg1@yandex.ru

Head of department A.G. Shleikin, engineer N.P. Danilov,
master student A.E. Argymbaeva

(St. Petersburg, Russia, ITMO University) Department of chemistry and molecular biology.

phone (812) 575-69-08

E-mail: shleikin@yandex.ru

associate Professor S.V. Rykov

(St. Petersburg, Russia, ITMO University) Department of informatics and applied mathematics -2.

phone (812) 314-78-64

E-mail: togg1@yandex.ru

Модификация структуры йогурта с помощью амарантового экстракта и трансглутаминазы

Yoghurt structure modification with amaranth extract and transglutaminase addition

Реферат. Получение функциональных молочных продуктов – важный вопрос для улучшения рациона питания населения. Данная статья посвящена разработке йогурта с использованием фермента трансглутаминазы. Трансглутаминаза (КФ 2.3.2.13) осуществляет поперечное связывание белков, укрепляя структуру продукта. Трансглутаминаза была использована в концентрации 4 ед./г белка (0,1 %). Амарантовый экстракт из амарантовой муки, использованной в количестве 5 % от объема сквашиваемых образцов, был применен в качестве растительной добавки для получения йогурта. Йогурт готовили термостатным способом. Молоко подогревалось до 37 °С, добавлялся амарантовый экстракт и трансглутаминаза. Проведено исследование образцов различных рецептур. 1 – йогурт с амарантовым экстрактом (200 мл молока + 100 мл амарантового экстракта), 2 – йогурт с амарантовым экстрактом, приготовленный с добавлением трансглутаминазы (200 мл молока + 100 мл амарантового экстракта + 0,3 г трансглутаминазы) и контрольный образец (300 мл молока). Амарант имеет в своем составе разнообразные питательные компоненты, ценные белки, витамины, сквален, обладающий противоопухолевой активностью. Исследовано влияние добавленных компонентов на структурные и органолептические свойства ферментированного продукта. Результаты показали, что прочность амарантового йогурта выше прочности контрольного на 6 %, а прочность амарантового йогурта с трансглутаминазой выше на 18 %, чем прочность контрольного. Выявлены улучшение консистенции, вязкости и органолептических свойств термостатного йогурта.

Summary. To obtain functional dairy products is an important issue to improve the diet of the population. This article is devoted to development of yoghurt with transglutaminase enzyme. Transglutaminase (EC 2.3.2.13) performs cross-linking of proteins, strengthening the structure of the product. The concentration of transglutaminase used was 4 U/g of protein (0.1 %). Amaranth extract prepared from amaranth flour weighed in 5 % concentration per fermented samples volume was used as a vegetable additive to get yoghurt. Yoghurt was prepared a thermostatically method. Milk was warmed up to 37 °C, amaranth extract and a transglutaminase was added. Study of samples of different compoundings is carried out. 1 – yoghurt with amaranth extract (200 ml of milk + 100 ml of amaranth extract), 2 – the yoghurt with amaranth extract prepared with adding of a transglutaminase (200 ml of milk + 100 ml of amaranth extract + 0.3 g of a transglutaminase) and a control sample (300 ml of milk). Amaranth is composed of a variety of nutrients, valuable proteins, vitamins, squalene with antitumor activity. Influence of used additives on the fermented product structure and organoleptic properties was investigated. Results showed that durability of amaranth yogurt of high strength control for 6%, and durability of amaranth yogurt from the transglutaminase is 18% higher, than durability of the control. It was found consistence, viscosity and organoleptic properties had been improved.

Ключевые слова: йогурт, транслутаминаза, ферментное связывание, амарант.

Keywords: yoghurt, transglutaminase, enzyme's cross-kinking, amaranth.

© Шлейкин А.Г., Данилов Н.П.,
Аргымбаева А.Е., Рыков С.В., 2015

В настоящее время стоит вопрос о создании новых видов продуктов с высокой питательной ценностью, обогащенных полезными веществами и витаминами, для улучшения качества питания населения и расширения ассортимента продукции. Для целей здорового питания важно создавать продукты, полезные разным возрастным категориям.

В целях улучшения структуры молочных продуктов целесообразно исследовать возможности модификации белков молока. Структура белка может быть модифицирована несколькими способами: физическими, химическими и ферментативными. В связи с этим, представляют интерес ферменты, способные связывать белковые молекулы и не гидролизовать их. К таким ферментам относят трансглютаминазу (ТГ) [3]. Схема связывания белков с помощью ТГ представлена на рисунке 1.

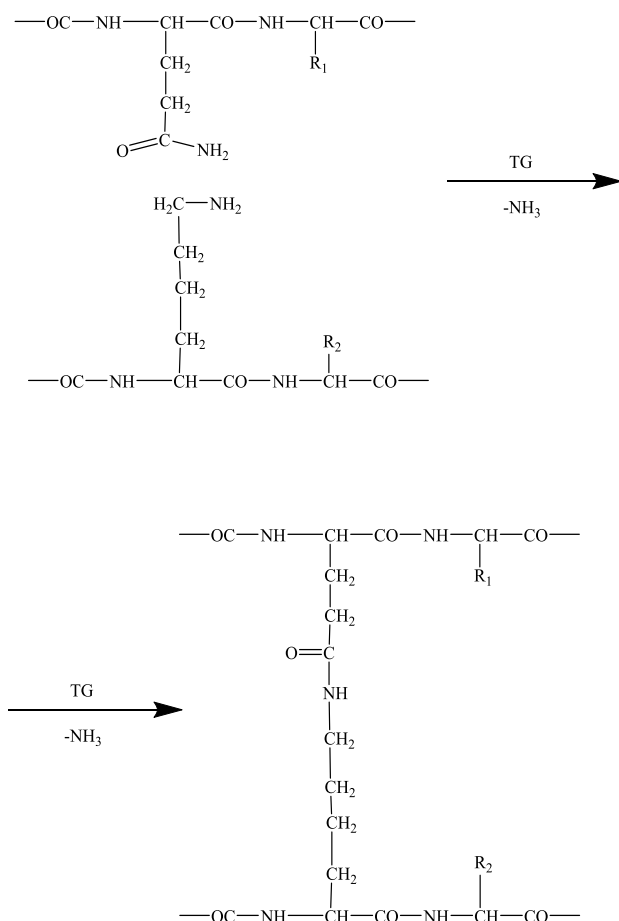


Рисунок 1. Схема реакции связывания белков с помощью ТГ

Как видно на рисунке 1, под действием ТГ происходит реакция связывания в белковой системе, что ведет к упрочнению структуры. Модификация белков с участием ТГ дает возможность изменять их термостабильность, раство-

римость, реологические свойства, свертываемость сычужным ферментом. ТГ может применяться для повышения структурной прочности, вязкости и снижения потерь белка, некоторого капсулирования липидов и повышения стабильности жировой эмульсии, улучшения вкуса и влагоудерживающей способности. ТГ применяют также для повышения биологической ценности продукта за счет поперечного связывания белков, содержащих разные лимитирующие аминокислоты, защиты лизина от различных химических реакций и для снижения аллергенности белков [4]. Предположительный механизм действия и субстратная специфичность ТГ рассмотрены нами ранее в работе [10].

В производстве молочных продуктов ТГ имеет широкое применение. Ранее нами сообщалось о целесообразности использования ТГ для решения проблемы утилизации молочной сыворотки [9]. Молочная сыворотка является побочным продуктом производства молочных продуктов, поэтому часто сливается без переработки в сточные воды, что ухудшает экологическое состояние. Молочная сыворотка имеет в своём составе ценные питательные белки. Изобретение [8] позволяет снизить концентрацию остаточного белка в сыворотке на 15 %. Нами также показано положительное влияние ТГ на снижение синерезиса до 17 % при производстве ферментированного молочного продукта [13]. Интенсивные исследования по вопросу применения ТГ в производстве молочных продуктов проводит ВНИИ молочной промышленности. В частности, в работе [2] сообщается об увеличении вязкости простокваши с 13,7 до 21,2 Па*с и увеличении выхода творога на 10 – 15 % при использовании ТГ. Jaros и Rohm, анализируя исследования разных учёных, делают вывод об улучшении текстурных свойств и снижении синерезиса термостатного йогурта, а также об увеличении вязкости резервуарного йогурта при использовании ТГ [12]. В работе [11] сообщается об успешности применения ТГ для производства сыра Эдам. Выход продукта повысился на 4 % при использовании ТГ, при этом органолептические характеристики не претерпели изменений. ТГ используют в дозах от 0,001 до 20 ед. на 1 г белка (0,003 – 0,07 %). Для получения молочного продукта с улучшенными органолептическими и физико-химическими показателями необходимо правильно подобрать корректную концентрацию ТГ [3].

Одним из перспективных видов растительного сырья для получения широкого ассортимента различных пищевых добавок функционального назначения является амарант [5].

Если оценивать содержание восьми незаменимых аминокислот в растительном сырье по 100-балльной шкале, то пшеница набирает 57, соя – 63, амарант – 75. В белках сои, чечевицы, гороха, фасоли недостаточно серосодержащих аминокислот: метионина, цистеина; также в белках злаков невысокое содержание лизина, треонина, фенилаланина, тогда как белок амаранта по соотношению аминокислот входит в число лучших белков растительного происхождения. Использование в пищу белка семян амаранта делает питание человека более полноценным и сбалансированным по аминокислотному составу [6].

Широко распространённым молочным продуктом является йогурт. Этот продукт богат белком и содержит кальций, калий, витамины А, В и С, а также содержит лактобактерии, которые благоприятно воздействуют на работу кишечника, способствуя одновременно тому, чтобы предотвратить риск развития рака толстой кишки [7]. Цель настоящей работы – исследовать влияние амарантового экстракта и ТГ на структурные и органолептические свойства йогурта.

В работе было использовано пастеризованное молоко с содержанием белка 2,5 % и содержанием жира 4 %. ТГ использовалась в форме препарата TG Next с заявленной активностью 100 ед./г. В качестве закваски применялась сухая закваска AiBi 22.11 R3 (лиофилизированный концентрат *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus* – $5.0 \cdot 10^{10}$ КОЕ/г).

Приготовление амарантового экстракта описано ниже. Амарантовый экстракт был приготовлен следующим образом: вносили 30 г (5 % по отношению к объему сквашиваемых проб 600 мл) амаранта в 300 мл нагретого до 50 °С молока, выдерживали. Суспензию центрифугировали на лабораторной центрифуге с фактором разделения $K = 3000$ в течение 5 мин. Получали 200 мл экстракта. Полученный экстракт декантировали и пастеризовали при 72 °С в течение 20 с.

Далее опишем процесс получения йогуртов. Йогурт готовили термостатным способом. Молоко подогревали до 37 °С, разливали по трем стеклянным емкостям объемом 0,35 л, добавляли амарантовый экстракт и ТГ следующим образом: 1 – контрольный (300 мл молока), 2 – образец йогурта с амарантовым экстрактом (200 мл молока + 100 мл амарантового экстракта), 3 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, приготовленный с добавлением ТГ в концентрации 4 ед./г белка (0,1 %): 200 мл молока + 100 мл амарантового экстракта + 0,3 г ТГ). Смеси пере-

мешивали, помещали в термостат при 37 °С на 1 ч. После этого молоко из емкости 3 пастеризовали при 95 °С в течение 5 мин (для прекращения действия ТГ). Охлаждали до 37 °С. Затем во все образцы вносили сухую закваску йогуртовых культур в расчёте 1 г/л. Образцы перемешивали, помещали в термостат при 37 °С, сквашивали 4 – 5 часов до кислотности 90 – 100 °Т.

Измерение вязкости йогуртов проводили следующим образом. Образцы йогуртов в емкостях объемом 0,35 л охлаждали до 4 °С, измеряли вязкость на ротационном вискозиметре типа Брукфильда МТ-202 (ООО "Метротекс") с 4 роторами, позволяющими измерять вязкость в диапазоне 0 – 2000000 мПа*с.

Процесс измерения структурных свойств заключался в следующем. Для измерения структурных свойств образцы йогуртов в емкостях объемом 0,35 л охлаждали до 4 °С, измеряли прочность и работу пенетрации на анализаторе текстуры TA-XTPlus (StableMicroSystems Ltd., UK) с тензодатчиком 5 кг. Проводили тест на компрессию для получения графиков профилей структуры. Использовали многоигольчатый зонд А/МРР, задавали следующие параметры: скорость движения зонда до испытания (пре-тест) 1 мм/с, во время испытания (тест) 2 мм/с и после испытания (пост-тест) 10 мм/с. Дистанция погружения зонда 10 мм. Сила нагрузки 30 г. Работа пенетрации – площадь графика между усилиями 35 г и максимальным.

Далее приведем процесс органолептической оценки. Органолептическая оценка качества полученных образцов йогурта проводилась в соответствии с ГОСТ Р ИСО 22935-2-2011, ГОСТ Р ИСО 22935-3-2011. В охлажденных образцах йогуртов оценивались параметры: внешний вид, запах, аромат, консистенция. Баллы выставлялись следующим образом: 5 – нет отклонения от заранее установленных требований к свойству, 4 – минимальное отклонение, 3 – заметное отклонение, 2 – значительное отклонение, 1 – очень значительное отклонение.

Вязкость полученных образцов йогурта измеряли в соответствии приведенной выше методикой, результаты представлены на рисунке 2.

Как видно из рисунка 2, значения вязкости образца йогурта с амарантовым экстрактом выше на 8 % вязкости контрольного образца, а образца йогурта, приготовленного с амарантовым экстрактом с добавлением ТГ в концентрации 4 ед./г (0,1 %) на 23 % превышали вязкость контрольного образца. Стабилизирующее действие амаранта объясняется наличием в зернах разных видов амаранта от 55 до 62 % крахмала.

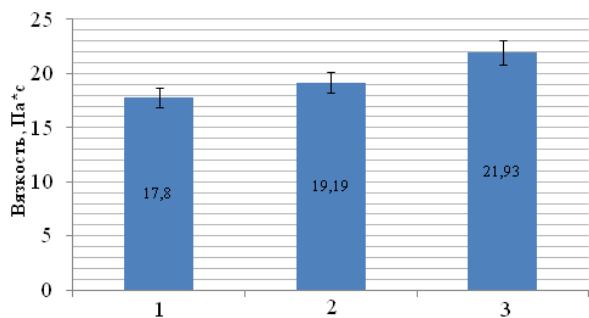


Рисунок 2. Вязкости образцов йогурта: 1 – контрольный образец, 2 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, 3 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, приготовленный с добавлением 4 ед./г (0,1 %) ТГ

Гранулы крахмала у этого растения мелкие, 0,8 – 2,5 мкм (у картофеля – от 15 до 100 мкм).

Размер гранул определяет физико-химические и функциональные свойства. Для крахмала амаранта характерны повышенная набухаемость, вязкость и желатинизация. Он состоит из полисахаридов двух типов – амилозы и амилопектина, которые отличаются по своим физическим и химическим свойствам: молекула первого представляет собой линейный полимер, а второго – разветвленный. При желатинизации амилоза дает гель вне гранул крахмала, в то время как амилопектин остается внутри набухших гранул и медленно перекристаллизуется [1].

В ходе измерения структурных свойств были получены кривые: усилие-время (g-s) и проанализированы данные с помощью программы Texture Exponent Application (Stable Micro Systems Ltd, UK). Рассчитаны структурные параметры: прочность и работа пенетрации. Результаты рассчитывались как среднее из трех измерений с учетом стандартного отклонения. Данные представлены на рисунке 3.

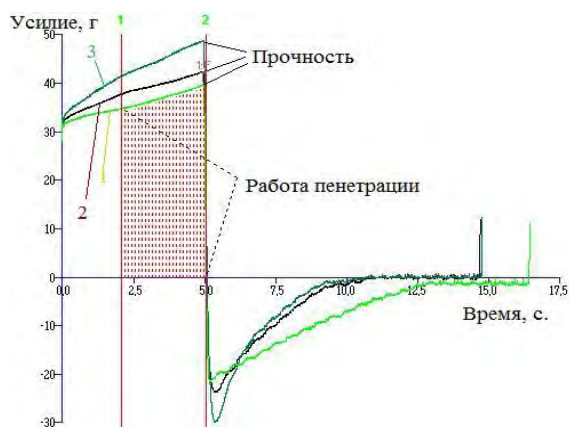


Рисунок 3. Определение прочности и работы пенетрации многоигольчатим зондом: 1 – контрольный образец, 2 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, 3 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, приготовленный с добавлением 4 ед./г (0,1 %) ТГ

Из рисунка 3 следует, что прочность амарантового йогурта выше прочности контрольного на 6 %, а прочность амарантового йогурта с ТГ выше на 18 %, чем прочность контрольного.

Работа пенетрации зонда по погружению в амарантовый йогурт на 63 % выше работы пенетрации зонда по погружению в контрольный, работа пенетрации зонда по погружению в амарантовый йогурт с ТГ выше на 89 % по сравнению с контрольным. Увеличение вязкости структурных показателей йогурта с ТГ связано с образованием поперечных ϵ -(γ -глутамил) лизиновых связей в молочных белках под действием фермента. Результаты органолептической оценки качества полученных йогуртов представлены на рисунке 4.

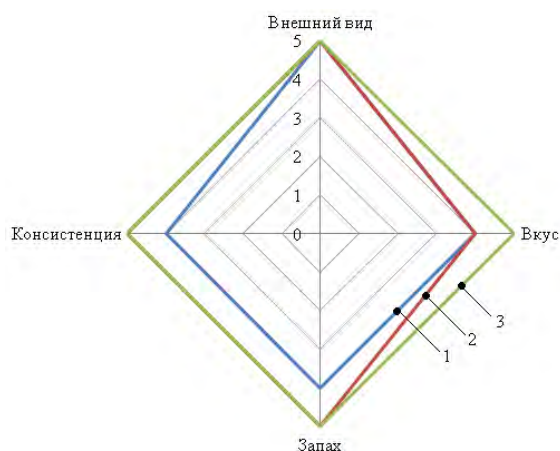


Рисунок 4. Органолептическая оценка качества образцов йогурта: 1 – контрольный образец, 2 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, 3 – образец йогурта с амарантовым экстрактом, приготовленный с добавлением 4 ед./г (0,1 %) ТГ

Как видно из рисунка 4, было отмечено улучшение консистенции образцов йогурта с амарантовым экстрактом и амарантовым экстрактом и ТГ по сравнению с контрольным образцом, что связано с упрочнением структуры продукта. Также отмечено улучшение запаха и вкуса образца йогурта с амарантовым экстрактом и ТГ. Применение амаранта в виде экстракта и ТГ оправдано для улучшения органолептических свойств продукта.

Таким образом, применение амарантового экстракта и ТГ в производстве йогурта ведет к увеличению вязкости, улучшению структурных и органолептических свойств продукта. Выявлен синергизм действия амарантового экстракта и ТГ на увеличение вязкости и структурных свойств термостатного йогурта. Полученные данные свидетельствуют о целесообразности использования ТГ и амаранта для получения йогурта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Железнов А.В. Амарант – хлеб, зрелище и лекарство // Химия и жизнь. 2005. № 6. С. 56-61.
- 2 Зобкова З.С., Зенина Д.В., Трубникова О.А. Влияние энзимов на реологические характеристики кисломолочных продуктов // Молочная промышленность. 2011. № 3. С. 79.
- 3 Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В. Об изменении молекулярной структуры молочных белков под действием микробной трансглутаминазы // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 3. С. 52-53.
- 4 Зобкова З.С., Фурсова Т.П., Зенина Д.В., Шидловская В.П., Гаврилина А.Д., Шелагинова И.Р. Использование трансглутаминазы при производстве йогурта // Молочная промышленность. 2013. № 12. С. 52-53.
- 5 Евстигнеева Т.Н., Хомидов Ф.Б. Изучение влияния компонентного состава кисломолочного напитка с мукой амаранта на формирование качества продукта // Электронный научный журнал *Apriori*. 2014. № 3.
- 6 Кононков П.Ф., Гинс В.К., Гинс М.С. Амарант перспективная культура XXI века. М.: Издат. дом Евгения Федорова, 1997. 160 с.
- 7 Отчет о лечебно-профилактическом действии йогурта [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://gazeta.ua/ru/articles/science-life/_cem-polezen-jogurt-dlya-zdorovya-/304100.
- 8 Пат. RU2432769. Способ получения молочной сыворотки с пониженной концентрацией остаточного белка // Шлейкин А.Г., Данилов Н.П. Опубл. 10.11.2011.
- 9 Шлейкин А.Г., Данилов Н.П., Красникова Л.В. Влияние трансглутаминазы на связывание сывороточных белков // Пищевая промышленность. 2009. № 7. С. 9.
- 10 Шлейкин А.Г., Данилов Н.П. Эволюционно-биологические особенности трансглутаминазы. Структура, физиологические функции, применение // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. 2011. Т. 47. № 1. С. 3-14.
- 11 Aaltonen T., Huuonen I., Myllärinen P. Controlled transglutaminase treatment in Edam cheese-making // *International Dairy Journal*. 2014. V. 38, Issue 2. P. 179-182.
- 12 Jaros D., Rohm H. Enzymes Exogenous to Milk in Dairy Technology [Transglutaminase // *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Second Edition). 2011. P. 297-300.
- 13 Shleikin A.G., Krasnikova L.V., Danilov N.P. Substrate specificity of transglutaminase. Influence of transglutaminase on milk whey protein cross-linking // *Food technology operations*. New Vistas monography, edited by W. Kopec and M. Korzeniowska, Wrocław. 2009. P. 101-112.

REFERENCES

- 1 Zheleznov A.V. Amaranth – bread, a show and medicine. *Khimiya i zhizn'*. 2005, no. 6, pp. 56-61. (In Russ.).
- 2 Zobkova Z.S., Zenina D.V., Trubnikova O.A. Influence of enzymes on rheological characteristics of fermented milk products. *Molochnaya promyshlennost'*. 2011, no. 3, pp. 79. (In Russ.).
- 3 Zobkova Z.S., Fursova T.P., Zenina D.V. About change of molecular structure of milk proteins under the influence of a microbic transglutaminase. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya*. 2013, no 3, pp. 52-53. (In Russ.).
- 4 Zobkova Z.S., Fursova T.P., Zenina D.V., Shidlovskaya V.P., Gavrilina A.D., Shelaginova I.R. Use of a transglutaminase by production of yogurt. *Molochnaya promyshlennost'*. 2013, no 12, pp. 52-53. (In Russ.).
- 5 Evstigneeva T.N., Khomidov F.B. Study of influence of component composition of dairy drink with amaranth flour on formation of quality of a product. *Elektronnyi nauchnyi zhurnal Apriori*. 2014, no 3. (In Russ.).
- 6 Kononkov P.F., Gins V.K., Gins M.S. Amaranth perspective culture of the XXI century. Moscow, Izdat. dom Evgeniya Fedorova, 1997. 160 p. (In Russ.).
- 7 Report on treatment-and-prophylactic effect of yogurt. Available at: http://gazeta.ua/ru/articles/science-life/_cem-polezen-jogurt-dlya-zdorovya-/304100 (In Russ.).
- 8 Method of receiving whey with the under concentration of residual protein / Shleikin A.G., Danilov N.P. Patent RF, no. 2432769, 2011. (In Russ.).
- 9 Shleikin A.G., Danilov N.P., Krasnikova L.V. Influence of a transglutaminase on binding of serumal proteins. *Pishchevaya promyshlennost'*. 2009, no. 7, pp. 9. (In Russ.).
- 10 Shleikin A.G., Danilov N.P. Evolutionary and biological features of a transglutaminase. Structure, physiological functions, application. *Zhurnal evolyutsionnoi biokhimii i fiziologii*. 2011, vol. 47, no 1, pp. 3-14. (In Russ.).
- 11 Aaltonen T., Huuonen I., Myllärinen P. Controlled transglutaminase treatment in Edam cheese-making. *International Dairy Journal*. 2014, vol. 38, issue 2, pp. 179-182.
- 12 Jaros D., Rohm H. Enzymes Exogenous to Milk in Dairy Technology [Transglutaminase. *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Second Edition), 2011, pp. 297-300.
- 13 Shleikin A.G., Krasnikova L.V., Danilov N.P. Substrate specificity of transglutaminase. Influence of transglutaminase on milk whey protein cross-linking. *Food technology operations*. New Vistas monography, edited by W. Kopec and M. Korzeniowska, Wrocław, 2009, pp. 101-112.

УДК 664.689 , 664.664.4, 543.545.5

Профессор Г.Н. Дубцова, аспирант И.А. Дедова

(ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств»)

кафедра «Биотехнология и технология продуктов биоорганического синтеза».

тел. 8-499-750-01-11 доб 70-45

E-mail: doubtsova@mail.ru

доцент И.У. Кусова, Д.И. Быстров

(ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет пищевых производств»)

кафедра «Товароведение и общественное питание».

тел. 8-499-750-01-11 доб.71-55

E-mail: ir.kusowa@yandex.ru

Professor G.N. Dubtsova, graduate I.A. Dedova

("Moscow State University of Food Production")

Department of "Biotechnology and Technology of bioorganic synthesis".

phone 8-499-750-01-11

E-mail: doubtsova@mail.ru

associate Professor I.U. Kusova, D.I. Bystrov

("Moscow State University of Food Production") Department of "Commodity and Food".

phone 8-499-750-01-11

E-mail: ir.kusowa@yandex.ru

Использование природных антиоксидантов при производстве хвороста

Natural antioxidants in production "Brushwood"

Реферат. Мучные изделия пользуются популярностью, на их долю приходится 48% общего объема кондитерских изделий. Проведено маркетинговое исследование, по результатам которого установлено актуальность разработки нового вида мучного изделия с пониженным содержанием жира и обогащенное витаминами. Обосновано использование природного антиоксиданта «Guarding toco 70» и рекомендовано введение 0,2% для стабилизации подсолнечного масла при фритюрной жарки. Изучено совместное введение порошков из плодов шиповника и унаби на качество хвороста, обжаренного в подсолнечном масле с использованием «Guarding toco 70». Из изделий экстрагировали липиды и оценивали по показателям: перекисное (ПЧ), кислотное (КЧ) и анизидиновое (АЧ) числа. Установлено, что антиоксидант и растительные порошки способствуют снижению показателей безопасности ПЧ и КЧ в два раза, а АЧ в 1,3 раза. Использование антиоксиданта «Guarding toco 70», состоящего на 70% из натурального концентрата смеси токоферолов и 30% соевого масла, способствовало обогащению хвороста токоферолами. Хворост с порошком хвороста содержал 126,2 мг/100 г токоферолов, а хворост с порошком из плодов унаби 111,15 мг/100г. В соответствии с ТР ТС 022/2011 данные продукты могут быть источником витамина Е. Была изучена продолжительность хранения хвороста на показатели качества. Установлено, что введения порошков унаби и шиповника, а также природной антиоксидантой добавки Guardian toco-70 в подсолнечное масло для обжаривания изделий во фритюре, приводило к увеличению срока хранения хвороста в два раза по сравнению с контролем, а также уменьшало значения ПЧ, КЧ и АЧ, препятствовало изменению и ухудшению вкуса, текстуры.

Summary. Flour wares use popularity, there is 48% of general volume of pastry wares on their stake. A marketing study on results that actuality of development of new type of flour good is set with the lowered maintenance of fat and enriched by vitamins is undertaken. The use of natural antioxidant of "Guarding is reasonable toco 70" and introduction of 0,2% is recommended for stabilizing of sunflower-seed oil at fry of frying. Joint introduction of powders is studied from the garden-stuffs of brier and unabi on quality of the brushwood fried in sunflower-seed oil with the use of "Guarding toco 70". From wares extracted lipids and estimated on indexes: peroxides, acid and anizid numbers. It is set that an antioxidant and vegetable powders assist the decline of indexes of safety peroxides and asid in two times, and anizid in 1,3 time. Use of antioxidant of "Guarding toco 70", being in 70% from the natural concentrate of mixture of tocopherolss and 30% of soya oil.

Ключевые слова: фритюр, природные антиоксиданты, перекисное число, кислотное число, анизидиновое число, токоферолы.

Keywords: friture, natural antioxidants, peroxides number, acidvalue, anizid number, tocopherolss.

© Дубцова Г.Н., Дедова И.А.,
Кусова И.У., Быстров Д.И., 2015

Мучные изделия занимают крупнейший сегмент российского рынка. Они стабильно сохраняют свою популярность как удобные в употреблении продукты с высокими вкусовыми характеристиками. По данным Федеральной службы государственной статистики [1] наблюдается уверенный рост данной продукции. На долю рынка мучных изделий приходится 48% общего объема кондитерских изделий [2].

В настоящее время важными критериями для производителей пищевых продуктов является низкая себестоимость продукции и максимальная прибыль. Очень маленький сегмент рынка мучных кондитерских изделий представляет продукция со сниженным содержанием жира, сахара, при этом обогащенная витаминами.

Определение потребителя является основой для разработки маркетинговой стратегии. В проведенном маркетинговом исследовании было опрошено 349 человек, проживающих в центральном и северо-западном административных округах города Москвы, с целью выявления частоты потребления мучных изделий, обжаренных во фритюре и потребности в новом продукте, с пониженным содержанием жира и обогащенном витаминами.

Доля респондентов женщин составила 63 %, мужчин – 37 %, большую часть опрошенных составила возрастную категорию от 27 до 59 лет. Мучные кондитерские изделия большинство респондентов употребляют несколько раз в неделю (61 % женщин и 52 % мужчин), ежедневное потребление составляет 27 % у женщин и 30 % у мужчин. Установлено, что изделия, обжаренные во фритюре, употребляют в основном несколько раз в месяц (37 % женщин и 42 % мужчин), значительная часть опрошенных – раз в месяц (46 % женщин и 34 % мужчин). Основными критериями при выборе изделий для женщин являются вкус (43 %) и состав продукта (37 %), для мужчин – критерий вкуса – 57 %, остальная часть респондентов разделила свое мнение между внешним видом (10 %) и производителем (21%).

Также было выявлено, что цена является важным критерием при покупке изделия для 93 % опрошенных, для 67 % является важным пониженное содержание жира в изделиях. При этом 62 % респондентов готовы приобретать мучные изделия, обжаренные во фритюре, дороже на 10 % зная, что в их составе пониженное содержание жира и продукция обогащена витаминами.

В настоящее время является актуальным поиск и исследование антиоксидантов природного происхождения, не уступающих по эффективности синтетическим аналогам. Природные антиоксиданты в отличие от химически синтезированных не оказывают негативного побочного влияния на организм человека, улучшая качественные характеристики продукта, обогащая его эссенциальными макро- и микронутриентами [3].

В данной работе был проанализирован антиоксидант для стабилизации подсолнечного масла рафинированного дезодорированного Guardian toco-70 (70% натурального концентрата смеси токоферолов (E306), 30% масла соевого, цвет от светлого коричнево-красного до темного коричнево-красного).

Эффективность антиоксидантов характеризуется индукционным периодом (ИП). Антиоксидантную активность (АОА) рассчитывали как отношение индукционного периода масла с вводом антиоксиданта к индукционному периоду масла без ввода антиоксиданта [4] (таблица 1).

Т а б л и ц а 1
Влияние Guardian toco-70 на антиоксидантную активность

Образец	%	°С	ИП	АОА
Подсолнечное масло	-	120	2,26	-
Guardian toco-70				
1	0.05	120	3.06	1.35
2	0.07	120	3.19	1.41
3	0.1	120	3.02	1.34
4	0.2	120	3.67	1.62
5	0.3	120	3,79	1,68
6	0.4	120	4.11	1.81

На основании проведенных исследований установлено, что в качестве антиоксиданта для стабилизации подсолнечного рафинированного отбеленного дезодорированного масла можно рекомендовать 0,2% Guardian toco-70.

В ходе работы изучали совместное влияние растительных порошков из плодов шиповника, плодов унаби на качество хвороста, обжаренного в подсолнечном масле с внесением антиокислителя Gardin Toco 70. Было установлено, что порошки обладают значительной антиоксидантной активностью (АОА), которая в плодах унаби составила 189,89 мкмоль тролокс/г с.в., а в плодах шиповника значение АОА было больше в 5,8 раз. В растительных порошках определяли сумму флавоноидов: для плодов шиповника – 198 мг/100 г, для плодов унаби 172 мг/100 г.

В качестве контроля был образец хвороста, в котором заменили 5 % от массы муки крахмалом Instant Clearjel E, в опытном образце № 1 заменили 7 % от массы муки на порошок шиповника, в опытном образце № 2 заменили 7 % от массы муки порошком унаби (таблица 2).

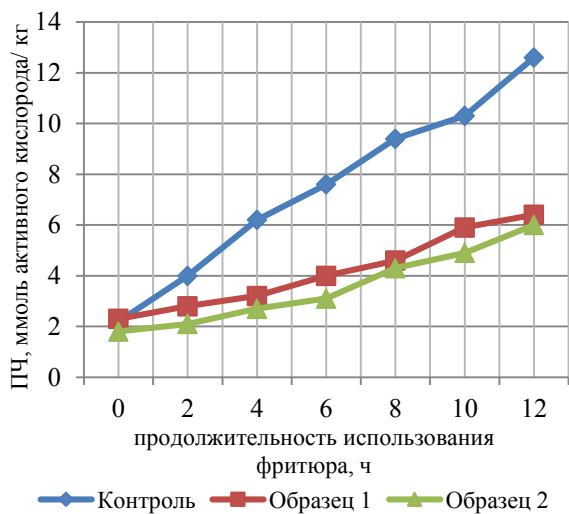
Т а б л и ц а 2
Рецептура хвороста с использованием порошков из плодов шиповника и унаби

Наименование сырья, г	Контроль	Образец	
		1	2
Яичный желток	51	51	51
Мука пшеничная, в/с	124,5	115,8	115,8
40% раствор этилового спирта	18	18	18
Instant Clearjel E	6,5	6,5	6,5
Порошок шиповника	-	8,7	-
Порошок унаби	-	-	8,7
Выход, г	200	200	200

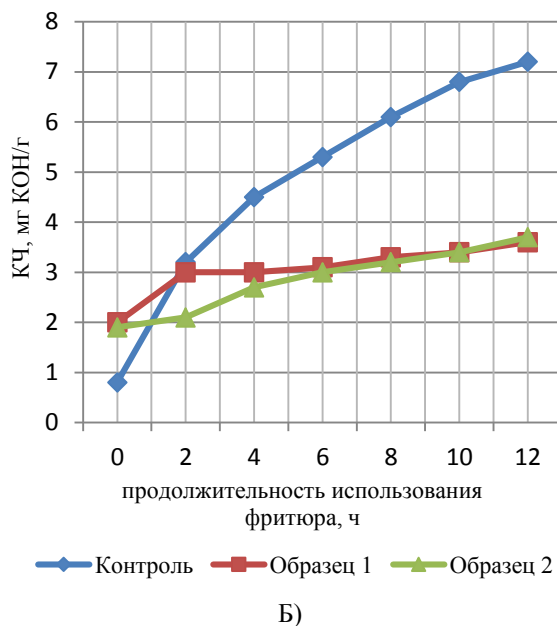
Для контрольных образцов в качестве фритюра использовали подсолнечное масло рафинированное дезодорированное, в опытных образцах в масло добавили 0,2% Guardian toco-70.

В готовых изделиях определяли содержание жира. Массовая доля жира в контрольном образце составила 23,7 %, в изделиях с внесением порошка из плодов шиповника содержание жира увеличивалось на 2 %, а в изделиях с порошком из плодов унаби содержание жира снижалось на 3,8 %.

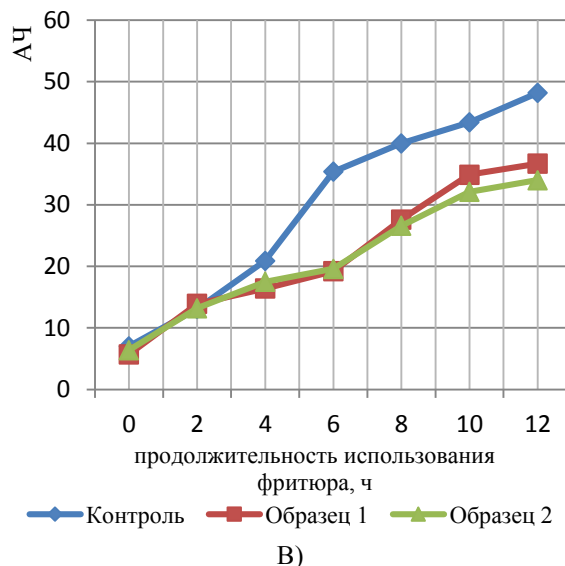
Извлеченные из изделий жиры оценивали по показателям: перекисное (ПЧ), кислотное (КЧ) и анизидиновое числа (АЧ). Изучено изменение данные показателей, представленных на рисунке 1.



А)



Б)



В)

Рисунок 1. Влияние добавки Guardian toco-70 на показатели а) перекисного (ПЧ), б) кислотного (КЧ), в) анизидинового чисел (АЧ) жира, экстрагированного из изделий с введением порошков шиповника и унаби

Установлено, что введение порошков из плодов шиповника и унаби в изделия, обжаренных в масле с использованием Guardian toco-70 способствовало снижению показателей безопасности изделий ПЧ и КЧ в 2 раза, что объясняется снижением интенсивности гидролиза триглицеридов, вторичные продукты окисления, которые оценивали по АЧ, также снижались в 1,3 и 1,4 раза соответственно.

Исследовали изменение токоферолов в масле после 12 часов использования его в качестве фритюра. Данные представлены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Содержание и состав токоферолов в подсолнечном масле при добавлении Guardian toco-70

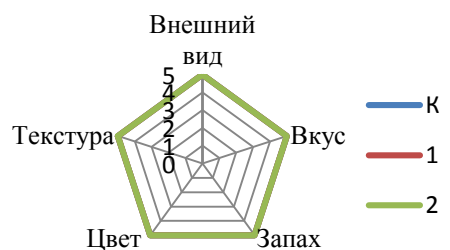
Образец				
	№1	№2	№3	№4
токотриенол	49,6	1,16	0,78	0,69
токотриенол	13774,8	42,25	21,32	30,84
δ-токоферол	32947,2	88,9	54,63	73,92
β-токоферол	6529,4	52,02	42,9	45,53
α-токоферол	35,8	5,8	4,29	5,4
Токоферола ацетат	1947	4,18	2,34	2,61
Сумма токоферолов	55351,4	187,1	126,2	158,9

Образец					
	№5	№6	№7	№8	№9
токотриенол	-	-	-	-	-
токотриенол	16,32	39,28	19,82	28,67	15,17
δ-токоферол	42,06	85,11	52,3	70,77	40,27
β-токоферол	41,62	44,64	36,81	39,07	35,71
α-токоферол	5,67	1,18	0,87	1,10	1,14
Токоферола ацетат	2,08	-	-	-	-
Сумма токоферолов	110,3	164,8	111,2	139,9	97,2

1 - Guardian toco-70; 2 – контроль подсолнечное масло + toco-70 + шиповник; 3 – контроль жир, извлеченный из изделия + toco-70 + шиповник; 4 – масло после 12 ч фритюрной жарки + toco-70 + шиповник; 5 - жир, извлеченный из изделия после 12 ч фритюрной жарки+ toco-70 + шиповник; 6 – контроль подсолнечное масло + toco-70 + унаби; 7 – контроль жир, извлеченный из изделия + toco-70 + унаби; 8 – масло после 12 ч фритюрной жарки + toco-70 + унаби; 9 - жир, извлеченный из изделия после 12 ч фритюрной жарки+ toco-70 унаби

Как видно из полученных данных, изделия поглощали достаточное большое количество витамина Е – 67 %, после 12 часовой фритюрной жарки содержание витамина Е в масле снижалось на 15% в изделиях на 12,8 %. В соответствии с требованиями ТР ТС 022/2011 [5] источником витамина Е может считаться изделие содержащее не менее 15 процентов средней суточной потребности взрослого человека (10 мг) в витамине Е на 100 г твердого пищевой продукции, каковым является хворос, разработанный по рецептуре с внесением порошка из плодов шиповника и унаби, обжаренный на подсолнечном масле с внесением 0,2 % Guardian toco-70.

На следующем этапе исследования образцы хвороста упаковывали и хранили в полимерной упаковке при температуре $22 \pm 2^\circ \text{C}$ и относительной влажности воздуха 75%. Изменение свойств изделий в процессе хранения определяли по органолептическим показателям через 3, 6, 9 и 12 суток. Данные представлены на рисунке 2.



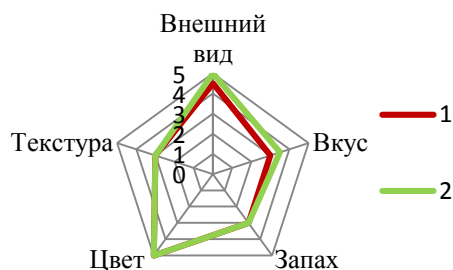
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2. Влияния процесса хранения (а) – 3 суток, б) – 6 суток, в) – 9 суток, г) – 12 суток) на органолептические показатели

Органолептическая оценка качества, проведенная через 3 суток хранения не выявила изменений в образцах продукции. Через 6 суток хранения было установлено, что в контрольном образце, в изделиях с добавлением крахмала 5% Instant Clearjel E появился слабо-выраженный неприятный запах и неспецифическое послевкусие. Внешний вид изделий не изменялся, но изменилась текстура. В ходе дальнейшего хранения органолептическую оценку качества не проводили, но исследовали изменения показателей безопасности.

Результаты органолептической оценки опытных изделий с добавлением порошков унаби и шиповника, хранившихся в течение 9 суток, не выявили изменений во вкусе, запахе и текстуре. Изменения органолептических показателей наблюдались после 12 суток хранения, в изделиях появился неприятный запах и нехарактерный привкус.

Также параллельно с органолептической оценкой, в изделиях определяли показатели безопасности ПЧ, КЧ и АЧ на начало хранения, после 6 и 12 суток. Данные представлены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4
Влияние продолжительности хранения
хвороста на показатели качества

Образец	ПЧ, ммоль активного кислорода/кг			КЧ, мг КОН/г			АЧ, у.е.		
	Срок хранения, сутки								
	0	6	12	0	6	12	0	6	12
Контроль	2,2	7,6	9,3	0,8	11,1	11,3	7,0	12,1	15,1
1	2,3	2,5	8,2	2,0	3,0	3,2	5,7	9,3	13,6
2	1,8	2,2	7,9	1,9	3,0	3,3	6,4	9,2	13,2

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Российский статистический ежегодник. 2013. М.: Росстат, 2013. 717 с.
- 2 Стратегическое развитие рынка кондитерских изделий // Кондитерское и хлебопекарное производство. 2014. №11-12. С. 32-34.
- 3 Дж. Ли, С. Ли, Х. Ли, К. Парк и др. Шпинат. Порошок шпината, как природный антиоксидант для фритюрной жарки // Журнал сельскохозяйственной и пищевой химии. 2002. №. 50. С. 5664-5669.
- 4 Лисицын А.Н., Григорьева В.Н., Алымова Т.Б., Прохорова Л.Т. Эффекты природных и синтетических антиоксидантов в растительных маслах // Масложировая промышленность. 2005. №6. С.4-7.
- 5 ТР ТС 022/2011 – Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки». Утвержден решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011г. № 881. 29 с.

Установлено, что введения порошков унаби и шиповника, а также природной антиоксидантой добавки Guardian toco-70 в подсолнечное масло для обжаривания изделий во фритюре, приводило к увеличению срока хранения хвороста в два раза по сравнению с контролем, а также влияло на показатели безопасности, которые уменьшались: ПЧ на 11,8 % с введением порошка шиповника и на 15,1 % - при добавлении порошка унаби, КЧ в 3,5 и 3,4 раза соответственно, АЧ на 9,9 и 12,6 % соответственно на 12 сутки хранения по отношению к контрольному образцу.

Согласно проведенным экспериментальным исследованием установлено, что порошок из плодов унаби и шиповника при совместном использовании Guardian toco-70 при производстве хвороста, позволяет считать данную продукцию источником витаминов Е и увеличить срок годности этих изделий.

REFERENCES

- 1 Rossiiskii statisticheskii sbornik [Statistical Yearbook]. Moscow, Rosstat, 2013. 717 pp. (In Russ.).
- 2 Strategic Market Development pastry-ray products. *Konditerskoe proizvodstvo*. [Confectionery and Bakery], 2014, no.11-12, pp. 32-34. (In Russ.).
- 3 J. Lee, S. Lee, H. Lee, K. Park et al. Spinach. Spinach powder, as a natural antioxidant for frying frying. *Zhurnal pishchevoi khimii*. [Journal of Agricultural and Food Chemistry], 2002, no. 50, pp. 5664-5669. (In Russ.).
- 4 A. Lisitsyn, V. Grigoriev, Alymova TB, Prokhorov LT The effects of natural and synthetic antioxidants in vegetable oils // *Fats industry*. 2005. №6. S.4-7. (In Russ.).
- 5 Tekhnicheskii reglament "Pishchevaya produktsiya v chaste markirovki" [TR CU 022/2011 - Technical Regulations of the Customs Union "Food products are part of its labeling." Approved by the decision of the Commission of the Customs Union on 09.12.2011. № 881]. 29 p. (In Russ.).

УДК 664

Аспирант А.Ш. Маннапова

("Казанский технологический университет" (КНИТУ))

кафедра пищевой инженерии малых предприятий

E-mail: ashamilevna@yandex.ru;

доцент З.А. Канарская, профессор А.В. Канарский

("Казанский технологический университет" (КНИТУ))

кафедра пищевой биотехнологии. тел. 89600471908

E-mail: zosya_kanarskaya@mail.ru

доцент Г.П. Шуваева

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.)

кафедра биохимии и биотехнологии. тел. (473) 255-55-57

Graduate A.Sh. Mannapova

("Kazan Technological University" (KNRTU))

Department of food engineering of small enterprises

E-mail: ashamilevna@yandex.ru;

associate Professor Z. A. Kanarskaya, professor A.V. Kanarskii

("Kazan Technological University" (KNRTU)) department of food biotechnology.

phone 89600471908

E-mail: zosya_kanarskaya@mail.ru

associate Professor G.P. Shuvaeva

(Voronezh state university of engineering technologies)

Department of biochemistry and biotechnology. phone (473) 255-55-57

Энзиморезистентность крахмала, амилопектина и амилозы

Enzyme resistance of genetically modified starch potatoes

Реферат. В статье представлено обоснование целесообразности применения энзиморезистентного крахмала в продуктах питания лечебно-профилактического назначения. Энзиморезистентный крахмал способен противостоять ферментативному гидролизу в тонком кишечнике человека, имеет низкий гликемический индекс, приводит к снижению в крови постпрандиальной концентрации глюкозы, холестерина, триглицеридов и инсулиновой реакции, улучшению чувствительности всего организма к инсулину, увеличению чувства сытости и уменьшению отложения жиров. Резистентный крахмал оказывает бифидогенное воздействие на микрофлору кишечника человека, приводит к увеличению количества лактобацилл и бифидобактерий и повышенному производству масляной кислоты в толстом кишечнике. В этой связи энзиморезистентный крахмал является необходимым компонентом в питании при лечении и профилактике таких заболеваний человека, как сахарный диабет, ожирение, колит, рак толстого и прямого кишечника. Для имитации переваривания крахмала в организме человека авторами уточнена методика, которая основана на определении энзиморезистентности крахмала *in vitro* путем его гидролиза до глюкозы с применением глюкоамилазы и пищеварительного ферментного препарата Панкреатин. Данная методика использована в исследованиях энзиморезистентности крахмала генетически модифицированного картофеля, высокоамилозного кукурузного крахмала Hi-Maize 1043 и HYLON VII (National Starch Food Innovation, США), амилопектина и амилозы. Показано, что энзиморезистентность крахмала, выделенного из генетически модифицированного картофеля, соответствует энзиморезистентности высокоамилозного кукурузного крахмала Hi-Maize 1043 и HYLON VII (National Starch Food Innovation, США), относящегося ко II типу энзиморезистентного крахмала. Установлено, что амилопектин не обладает энзиморезистентными свойствами. Представлены результаты исследований, позволяющие сделать вывод о том, что амилоза по сравнению с амилопектином обладает более высокой энзиморезистентностью и придает крахмалу картофеля повышенные энзиморезистентные свойства.

Summary. Here in this article the justification of expediency of enzyme resistant starch use in therapeutic food products is presented. Enzyme resistant starch is capable to resist to enzymatic hydrolysis in a small intestine of a person, has a low glycemic index, leads to decrease of postprandial concentration of glucose, cholesterol, triglycerides in blood and insulin reaction, to improvement of sensitivity of all organism to insulin, to increase in sense of fullness and to reduction of adjournment of fats. Resistant starch makes bifidogenic impact on microflora of a intestine of the person, leads to increase of a quantity of lactobacillus and bifidobacterium and to increased production of butyric acid in a large intestine. In this regard the enzyme resistant starch is an important component in food for prevention and curing of human diseases such as diabetes, obesity, colitis, a cancer of large and direct intestine. One method is specified by authors for imitation of starch digestion in a human body. This method is based on the definition of an enzyme resistance of starch *in vitro* by its hydrolysis to glucose with application of a glucoamylase and digestive enzyme preparation Pancreatine. This method is used in researches of an enzyme resistance of starch, of genetically modified potato, high amylose corn starch Hi-Maize 1043 and HYLON VII (National Starch Food Innovation, USA), amylopectin and amylose. It is shown that the enzyme resistance of the starch emitted from genetically modified potatoes conforms to the enzyme resistance of the high amylose corn starch "Hi-Maize 1043 and HYLON VII starch", (National Starch Food Innovation, the USA) relating to the II type of enzyme resistant starch. It is established that amylopectin doesn't have the enzyme resistant properties. The results of researches are presented. They allow us to make the following conclusion: amylose in comparison with amylopectin possesses higher enzyme resistance and gives to potatoes starch the increased enzyme resistant properties.

Ключевые слова: генетически модифицированный картофель, крахмал, амилоза, амилопектин, энзиморезистентность.

Keywords: genetically modified potato, starch, amylose, amylopectine, enzyme resistance.

© Маннапова А.Ш., Канарская З.А.,
Канарский А.В., Шуваева Г.П., 2015

Энзиморезистентный крахмал является перспективным пищевым сырьем для создания продуктов лечебно-профилактического назначения [1, 2]. Известно, что рафинированный крахмал имеет высокий гликемический индекс, вызывает высокий и резкий подъем уровня глюкозы в крови. Однако энзиморезистентный крахмал способен противостоять ферментативному гидролизу в тонком кишечнике человека, обеспечивая организм глюкозой в течение продолжительного периода и на более постоянном уровне. Употребление продуктов с высоким содержанием энзиморезистентного крахмала приводит к снижению в крови постпрандиальной концентрации глюкозы, холестерина, триглицеридов и инсулиновой реакции, улучшению чувствительности всего организма к инсулину, увеличению чувства сытости и уменьшению отложения жиров [3].

Энзиморезистентный крахмал в толстом кишечнике подвергается брожению, которое заканчивается образованием метана, водорода и короткоцепочечных жирных кислот [4]. Было установлено как в условиях *in vitro* [5], так и *in vivo* [6], что этот крахмал оказывает бифидогенное воздействие на микрофлору толстого кишечника человека. Добавление энзиморезистентного крахмала в рацион человека привело к увеличению количества лактобацилл и бифидобактерий, а также повышенному производству масляной кислоты [7]. Данная кислота является главным источником энергии и регулятором функции колоноцитов, поддерживает кишечный гомеостаз, предотвращает возникновение колита и колоректального рака [8]. Таким образом, энзиморезистентный крахмал можно считать необходимым компонентом в питании при лечении и профилактике таких заболеваний человека, как сахарный диабет, ожирение, колит, рак толстого и прямого кишечника [9, 10].

Основными факторами, влияющими на перевариваемость крахмала, т.е. на проявление крахмалом энзиморезистентных свойств, являются: соотношение амилоза/амилопектин в крахмале, тип кристалличности крахмала, степень желатинизации крахмала в пищевом продукте, размер гранул крахмала, взаимодействие крахмал – белок, образование комплексов амилоза-липид, процент ретроградированного крахмала [11].

Существует три типа энзиморезистентного крахмала:

I тип (RSI) - физически недоступный крахмал. Крахмал синтезируется в эндосперме зерновых культур или семян. Гранулы крахмала окружены белковой матрицей и материалом клеточных стенок, которые являются барьером

для гидролиза крахмала, в случае его применения в виде целых или крупно измельченных зерен. Такой крахмал не может быть усвоен и продукт имеет низкий гликемический индекс.

II тип (RSII) – сырой (нежелатинизированный) крахмал некоторых растений. К этому типу относится крахмал незрелых зеленых бананов и высокоамилозной кукурузы и др.

III тип (RSIII) – ретроградируемый крахмал. Чем больше в крахмале амилозы, тем больше образуется энзиморезистентного крахмала в процессе ретроградации.

Для сохранения энзиморезистентных свойств крахмала в процессе термической обработки, применяют химические, физические, ферментативные и генетические методы модификации.

В настоящее время для создания крахмала, обладающего свойством резистентности действию амилалитических ферментов, перспективным является применение ферментативной модификации [12, 13] и методов генной инженерии в селекции ботанических культур. Эти методы будут более безопасными для организма людей, чем применение химической модификации, в результате которой происходят изменения в составе и структуре крахмала, посредством включения различных заместителей в цепь крахмала. Физический метод обработки имеет тенденцию либо к изменению ценных качеств других компонентов, либо к сообщению нежелательного вкуса из-за процессов, участвующих в модификации.

Цель работы - определение энзиморезистентности крахмала, выделенного из генетически модифицированного картофеля, и сравнение с энзиморезистентностью нативного и высокоамилозного кукурузного крахмала.

Для достижения цели решались следующие задачи:

- определение энзиморезистентности крахмала генетически модифицированного картофеля;
- определение энзиморезистентности нативного крахмала картофеля и кукурузы;
- определение энзиморезистентности высокоамилозного кукурузного крахмала Hi-Maize 1043 и HYLON VII (National Starch Food Innovation, США);
- определение энзиморезистентности амилопектина;
- определение энзиморезистентности амилозы.

В исследованиях использовали крахмал:

- выделенный из контрольного картофеля Луговской и крахмал, выделенный из его генетически модифицированного аналога,

предоставленного Центром «Биоинженерия» РАН (г. Москва);

- нативный кукурузный и картофельный крахмал;

- крахмал Hi-Maize 1043 и NYLON VII (National Starch Food Innovation, США), которые являются немодифицированными высокоамилозными кукурузными крахмалами (II тип энзиморезистентного крахмала);

- амилопектин, выделенный из генетически модифицированного картофеля методом электродиализа и амилоза, выделенная из картофельного крахмала методом электродиализа и химическим методом [14].

Известны два метода определения энзиморезистентности крахмала, которые основаны на определении количества образовавшейся глюкозы в результате обработки крахмала ферментами [15, 16]. Недостатком методов является длительность и сложность проведения эксперимента. При этом в методе, изложенном в работе [15], не учитывается продолжительность пребывания крахмала в желудочно-кишечном тракте человека, в частности первый отбор проб для определения содержания глюкозы в ферментализате проводят после двух часов обработки крахмала ферментами. Потребление энзиморезистентного крахмала предполагает постепенное увеличение количества глюкозы в крови человека, поэтому важно определять количество образовавшейся глюкозы в первые 30 мин обработки крахмала ферментами. Метод, изложенный в работе [16] разработан для крахмалосодержащего продукта. Поэтому для имитации переваривания в нем используется большее количество реактивов. В этой связи методика определения энзиморезистентности крахмала была уточнена и представлена ниже.

Для проведения ферментативного крахмала, приготавливали смесь ферментов в следующей последовательности. В мензурку (100 мл) налили 10 мл дистиллированной воды, добавили 0,138 мл ферментного препарата глюкоамилазы (DISTILLASE L400+, Genencor International, Бельгия) с активностью 350 GAU (глюкоамилазных единиц) в расчете на 1,57 г/г крахмала и довели метку до 64 мл раствором панкреатина (пищеварительное ферментное средство) концентрацией 0,15 мг/мл воды дистиллированной.

Ферментативный гидролиз проводили на образце крахмала массой 120 мг. Затем крахмал засыпали в конусообразную мерную колбу (50 мл) с закручивающейся крышкой. Заливали 10 мл буферного ацетатного раствора (pH 5,2) и перемешивали до получения однородной суспензии. В исследуемый образец крахмала добавили 5 мл смеси ферментов. Колбу устанавли-

вали в термостат, предварительно разогретый до 37 °С. Через 30, 60, 120, 180 минут отбирали от инкубируемого образца 0,5 мл аликвотной доли и заливали в отдельную пробирку с 20 мл этанола (для прекращения реакции). Через час аликвотную долю центрифугировали при 3000 об./мин в течение 10 минут.

Основным показателем, характеризующим степень гидролиза, соответственно степень переваривания крахмала, является концентрация глюкозы. Для определения содержания глюкозы колориметрически – ферментативным УФ-методом использовали набор ферментов фирмы R-BiopharmRoche. Набор включает в себя фермент гексокиназу, в качестве хромогена используется глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа. Рекомендуемая длина волны для колориметрирования 365 нм и кювета с длиной оптического пути 0,5 см. В качестве калибратора использовали стандартную глюкозу, предложенную фирмой.

Принцип измерения основан на том, что фермент гексокиназа катализирует фосфорилирование глюкозы аденозинтрифосфатом. Фермент глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа окисляет глюкозо-6-фосфат до 6-фосфоглюконата с одновременным восстановлением никотинамидаденина в никотинамидаденилинуклеотид фосфат, который определяется колориметрически [17, 18].

Выход глюкозы (%) определяли по формуле:

$$C = \frac{c}{M} \cdot 100, \quad (1)$$

где c – концентрация глюкозы в анализируемой пробе, г/л; M – начальная концентрация крахмальной суспензии, г/л.

Ниже на рисунках 1-3 представлены результаты исследований, отражающие зависимость выхода глюкозы от продолжительности обработки ферментами и источника крахмала. Анализ представленных на рисунках результатов показывает, что при одной и той же продолжительности гидролиза выход глюкозы из нативного кукурузного и картофельного крахмала увеличивается с увеличением продолжительности обработки. При обработке крахмала, выделенного из генетически модифицированного картофеля сорта Луговской и Невский выход глюкозы ниже, чем выход глюкозы из их контрольных образцов этих сортов картофеля и из нативного крахмала. Сравнивая выходы глюкозы, можно сказать, что энзиморезистентность крахмала генетически модифицированного картофеля сопоставима с энзиморезистентностью высокоамилозного кукурузного крахмала NYLON VII и Hi-Maize 1043.

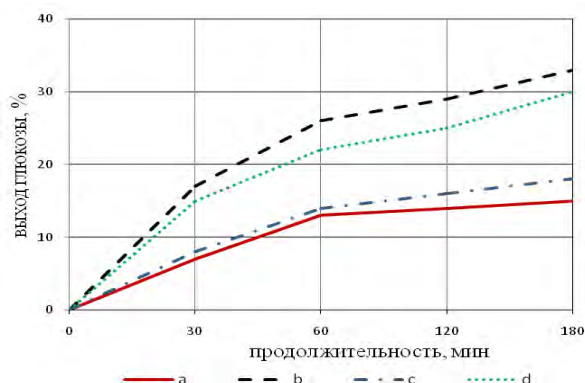


Рисунок 1. Зависимость выхода глюкозы от продолжительности гидролиза крахмала, выделенного из картофеля сортов Луговской и Невский и их генетически модифицированных аналогов, при обработке ферментами (a — крахмал ГМ картофеля Луговской, b — крахмал картофеля Луговской (контроль), c — крахмал ГМ картофеля Невский, d — крахмал картофеля Невский)

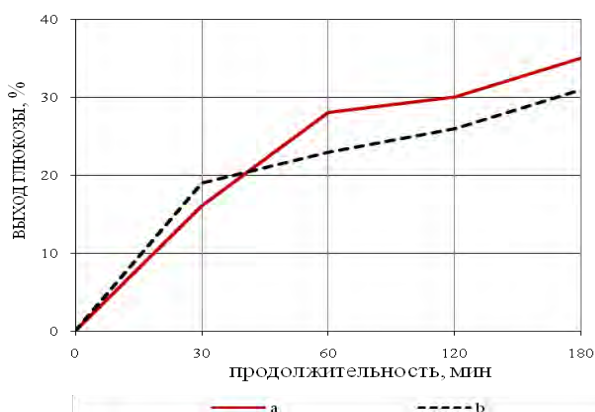


Рисунок 2. Зависимость выхода глюкозы от продолжительности гидролиза нативного крахмала при обработке ферментами (a — кукурузный крахмал, b — картофельный крахмал)

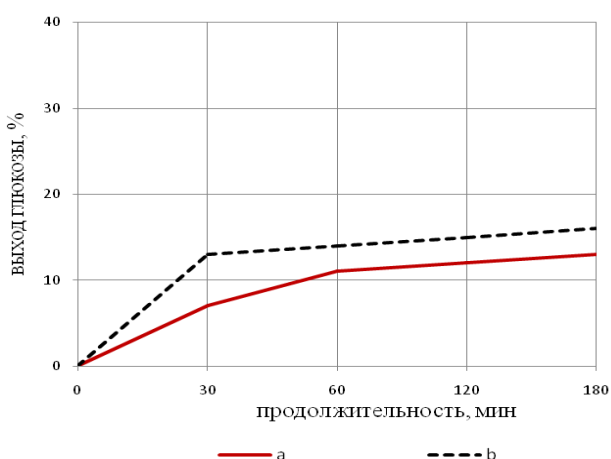


Рисунок 3. Зависимость выхода глюкозы от продолжительности гидролиза высокоамилозного кукурузного крахмала при обработке ферментами (a — HYLON VII, b — Hi-Maize 1043)

На рисунке 4 представлены результаты исследований, отражающие зависимость выхода глюкозы от продолжительности обработки ферментами амилозы или амилопектина. Анализ представленных на рисунке результатов показывает, что амилопектин не обладает энзиморезистентными свойствами, поскольку наблюдается значительное увеличение выхода глюкозы в первый час обработки амилопектина, выделенного как из крахмала картофеля сорта Невский, так и из его генетически модифицированного аналога. При гидролизе амилозы, выделенной методом электродиализа, выход глюкозы больше выхода глюкозы из амилозы, полученной химическим методом. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что амилоза по сравнению с амилопектином обладает более высокой энзиморезистентностью и придает крахмалу генетически модифицированного картофеля повышенные энзиморезистентные свойства.

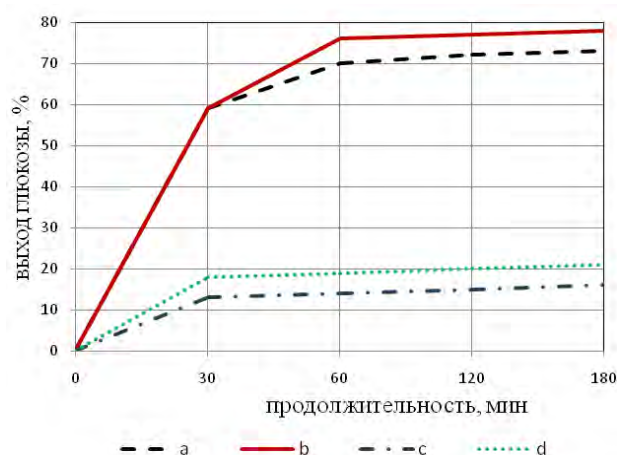


Рисунок 4. Зависимость выхода глюкозы от продолжительности гидролиза амилопектина и амилозы при обработке ферментами (a — амилопектин ГМ картофеля Невский, b — амилопектин картофеля Невский (контроль), c — амилоза, выделенная химическим методом, d — амилоза, выделенная методом электродиализа)

Выводы:

Крахмал генетически модифицированного картофеля сортов Луговской и Невский по энзиморезистентным свойствам сопоставим с энзиморезистентными свойствами высокоамилозного кукурузного крахмала Hi-Maize 1043 и HYLONVII (National Starch Food Innovation, США). Амилоза повышает энзиморезистентность крахмала генетически модифицированного картофеля.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Nugent A.P. // Nutr. Bull. 2005. №30. P. 27–54.
- 2 Fuentes-Zaragoza E., Sanchez-Zapata E., Sendra E., Sayas E. et al. Starch-Stärke. 2011. №63. P. 406–415.
- 3 Higgins J.A., Brown M.A., Storlien L.H. Consumption of resistant starch decreases postprandial lipogenesis in white adipose tissue of the rat // Nutrition Journal. 2006. № 5:25.
- 4 Robertson J.A., Ryden P., Ring S.G. Unavailable carbohydrates: behavior during digestion and consequences for fermentation // Res. Adv. Agri. Food Chem. 2000. №1. P. 59-71.
- 5 Wang X., Gibson G.R. // J Appl. Bacteriol. 1993. № 75. P. 373–386.
- 6 Topping D.L., Fukushima M., Bird A.R. Resistant starch as a prebiotic and synbiotic: state of the art // Proceedings of the Nutrition Society. 2003. № 62. P. 171-176.
- 7 Silvi S., Rummey C.J., Cresci A., Rowland I.R. // J Appl. Microbiol. 1999. №86. P. 521-530.
- 8 Pryde S.E., Duncan S.H., Hold G.L., Stewart C.S. et al. // FEMS Microbiol. Lett. 2002. № 217. P. 133-139.
- 9 DuPont A.W., DuPont H.L. // Nat. Rev. Gastroenterol Hepatol. 2011. №8. P. 523–531.
- 10 Holmes E., Kinross J., Gibson G.R., Burcelin R. et al. // Sci. Transl. Med. 2012. № 6. P. 137.
- 11 Leszczynski W. Resistant starch - classification, structure, production // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2004. № 1. P. 37-50.
- 12 Никитина Е.В., Габдукаева Л.З., Решетник О.А. Резистентность модифицированных картофельных крахмалов, обработанных альфа- и бета-амилазами // Вестник Казанского технологического университета. 2010. №10. С. 382-387.
- 13 Никитина Е.В., Габдукаева Л.З., Губайдуллин Р.А. Влияние обработки альфа- или бета-амилазами на технологические и морфологические свойства картофельного крахмала // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №14. С. 148-150.
- 14 Ягофаров Д.В. дисс. ... канд. тех. наук. Воронеж: ВГУ, 2012. 168 с.
- 15 Сучкова Т.Н. автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Воронеж: ВГУ, 2009. 22 с.
- 16 Пат. РФ 2311798 Способ регулирования содержания глюкозы и обеспечения ее регулируемой подачи и пищевой продукт для его осуществления, 2007.
- 17 Колеснов А.Ю. Биохимические системы в оценке качества продуктов питания (ферментативный гидролиз). М.: Пищевая промышленность, 2000. 416 с.
- 18 Гамаюрова В.С., Зиновьева М.Е. Ферменты. Лабораторный практикум. СПб.: Проспект науки, 2011. 256 с.

REFERENCES

- 1 Nugent A.P. // Nutr. Bull. 2005. №30. P. 27–54.
- 2 Fuentes-Zaragoza E., Sanchez-Zapata E., Sendra E., Sayas E. et al. Starch-Stärke. 2011. №63. P. 406–415.
- 3 Higgins J.A., Brown M.A., Storlien L.H. Consumption of resistant starch decreases postprandial lipogenesis in white adipose tissue of the rat // Nutrition Journal. 2006. № 5:25.
- 4 Robertson J.A., Ryden P., Ring S.G. Unavailable carbohydrates: behavior during digestion and consequences for fermentation // Res. Adv. Agri. Food Chem. 2000. №1. P. 59-71.
- 5 Wang X., Gibson G.R. // J Appl. Bacteriol. 1993. № 75. P. 373–386.
- 6 Topping D.L., Fukushima M., Bird A.R. Resistant starch as a prebiotic and synbiotic: state of the art // Proceedings of the Nutrition Society. 2003. № 62. P. 171-176.
- 7 Silvi S., Rummey C.J., Cresci A., Rowland I.R. // J Appl. Microbiol. 1999. №86. P. 521-530.
- 8 Pryde S.E., Duncan S.H., Hold G.L., Stewart C.S. et al. // FEMS Microbiol. Lett. 2002. № 217. P. 133-139.
- 9 DuPont A.W., DuPont H.L. // Nat. Rev. Gastroenterol Hepatol. 2011. №8. P. 523–531.
- 10 Holmes E., Kinross J., Gibson G.R., Burcelin R. et al. // Sci. Transl. Med. 2012. № 6. P. 137.
- 11 Leszczynski W. Resistant starch - classification, structure, production // Polish Journal of Food and Nutrition Sciences. 2004. № 1. P. 37-50.
- 12 Nikitina E.V., Gabdukaeva L.Z., Reshetnik O.A. Resistance modified potato starches, processed alpha and beta-amylase. Herald seemed University of Technology, 2010, no.10, pp. 382-387. (In Russ.).
- 13 Nikitina E.V., Gabdukaeva L.Z., Gubaidullin R.A. The effect of treatment of alpha or beta amylase for technological and morphological properties of potato starch. Herald seemed University of Technology, 2013, no. 14, pp 148-150. (In Russ.).
- 14 Yagofarov D.V. Diss. Cand. thech. sci. Voronezh: Voronezh State University, 2012. 168 p. (In Russ.).
- 15 Suchkov T.N. Abstr. diss. cand. biol. sci. Voronezh: Voronezh State University, 2009. 22 p. (In Russ.).
- 16 Method for controlling glucose and ensuring its controlled supply and a food product for implementing. Patent RF, no. 2311798, 2007. (In Russ.).
- 17 Kolesnov A.Yu. Biochemical system in the evaluation of the quality of food products (enzymatic hydrolysis). Moscow, Food Industry, 2000. 416 p. (In Russ.).
- 18 Gamayurova V.S., Zinoviev M.E. Enzymes. Laboratory workshop. Sent-Petersburg, Science Prospect, 2011. 256 p. (In Russ.).

Аспирант Ю.С. Новикова, старший преподаватель Е.П. Анохина, профессор О.С. Корнеева

(Воронеж. гос. ун-т инж. технол.)

кафедра биохимии и биотехнологии. тел. (473) 255-55-57

E-mail: katya_anoh@mail.ru

Graduate Yu.S. Novikova, senior lecturer E.P. Anokhina, professor O.S. Korneeva

(Voronezh state university of engineering technologies)

Department of biochemistry and biotechnology. phone (473) 255-55-57

E-mail: katya_anoh@mail.ru

Выбор источника фукоидана и оптимизация его ферментативного гидролиза

Selection the source of fucoidan and optimization of its enzymatic hydrolysis

Реферат. Разработка биотехнологии фукозы и фукоолигосахаридов из растительного сырья вызывает особый интерес, что обусловлено широким спектром биологических активностей фукозы. Фукоза является незаменимым углеводным компонентом иммуноглобулинов и выполняет важные биологические функции в процессах онтогенеза, клеточной дифференциации и формирования иммунитета, а также в репродуктивных процессах позвоночных. Фукоза и ее полимеры обладают пребиотическим действием, а фукоолигосахариды проявляют также антиоксидантную активность. Одним из перспективных способов получения фукозы и фукоолигосахаридов является ферментативный гидролиз фукоиданов растительного сырья. Наиболее доступным и недорогим растительным сырьем для выделения фукоидана являются бурые водоросли. Литературный анализ показал, что водоросли *Fucus vesiculosus* характеризуются наибольшим содержанием фукоидана, который по химической структуре является гомополимером фукозы с преобладанием 1,3 – гликозидных связей. Был исследован гидролиз фукоидана водорослей *Fucus vesiculosus* иммобилизованным ферментным препаратом α -L-фукозидазы для определения оптимальных условий проведения ферментативного процесса. Эффективность ферментативной деструкции фукоидана зависит от ряда факторов, важными из которых являются дозировка ферментного препарата, pH реакционной среды и температура, при которых протекает процесс гидролиза, а также его продолжительность. В результате проведенных исследований установлены оптимальные параметры процесса ферментативного гидролиза фукоидана водорослей *Fucus vesiculosus*: дозировка ферментного препарата 6 ед/г, температура 50 °C, pH 7,0, продолжительность процесса 5 ч. При таких условиях степень гидролиза фукоидана составляла 83-85%, что показывает перспективность ферментативного гидролиза для получения фукозы из растительного сырья.

Summary. The development of biotechnology fucose and fucooligosaccharides from vegetable raw materials is of particular interest, due to the wide range of biological activity fucose. The fucose is an important carbohydrate component of immunoglobulins and performs important functions in the biological processes of ontogenesis, cell differentiation as well as in the reproductive processes in vertebrates and in the formation of immunity. The fucose and its polymers have prebiotic effects, fucooligosaccharides have also exhibit antioxidant activity. One of the promising methods of obtaining fucose and fucooligosaccharides is an enzymatic hydrolysis of fucoidan vegetable raw materials. The most accessible and inexpensive plant raw materials to extract fucoidan are the brown algae. Literary analysis showed that the algae *Fucus vesiculosus* are characterized by the highest content of fucoidan, the chemical structure of which is a homopolymer of fucose with a predominance of 1,3 - glycoside bonds. It was investigated the hydrolysis of fucoidan algae *Fucus vesiculosus* by immobilized enzyme preparation α -L-fucosidase for determine the optimal conditions of the enzymatic process. The efficiency of enzymatic degradation of fucoidan depends on several factors, the most important of which are the amount of the enzyme preparation, the pH of the reaction medium and the temperature at which the hydrolysis takes place, as well as its duration. Were determined the optimal process parameters of the enzymatic hydrolysis of fucoidan algal *Fucus vesiculosus*: the amount of the enzyme preparation of 6 U / g, the temperature 50 ° C, pH 7.0, the hydrolysis time 5 hours. Under these conditions, the degree of hydrolysis of fucoidan was 83-85%, which shows prospects of the enzymatic hydrolysis for obtaining of fucose from vegetable raw materials.

Ключевые слова: фукоидан, бурые водоросли, α -L-фукозидаза, фукоза, фукоолигосахариды, гидролиз, субстрат

Keywords: fucoidan, brown algae, α -L-fucosidase, a fucose, fucooligosaccharides, hydrolysis, substrate

Актуальной в настоящее время является разработка биотехнологий продуктов функционального назначения. Особый интерес привлекает «минорный» сахар – фукоза, который является незаменимым углеводным компонен-

том иммуноглобулинов и других биологически активных веществ [1].

Фукоза выполняет важные биологические функции в процессах онтогенеза, клеточной дифференциации, а также установлена важная роль

© Новикова Ю.С., Анохина Е.П., Корнеева О.С., 2015

фукозы в формировании иммунитета [2, 3] и в репродуктивных процессах позвоночных [4]. Фукоза и ее полимеры обладают пребиотическим действием [5], а фукоолигосахариды проявляют также антиоксидантную активность [6].

В чистом виде фукоза практически не встречается в природе, а входит в состав фукоиданов - полисахаридов бурых водорослей, некоторых морских беспозвоночных и бактерий.

Одним из перспективных способов получения фукозы и фукоолигосахаридов является биодеструкция фукоиданов бурых водорослей.

Ранее получен иммобилизованный ферментный препарат α -L-фукозидазы [7], способный расщеплять гликозидные связи в фукоиданах, использование которого позволит повысить рентабельность получения фукозы и фукоолигосахаридов из растительного сырья.

Цель данного исследования состояла в подборе перспективного источника фукоидана среди бурых водорослей и определении оптимальных условий ферментативного гидролиза фукоидана.

Объектами исследования служили иммобилизованная α -L-фукозидаза с каталитической активностью 2310 ед./г и фукоидан бурых водорослей.

Выделение фукоидана из бурых водорослей проводили по методу, позволяющему разделять водорастворимые полисахариды водорослей [8].

Определение оптимальных условий ферментативного гидролиза субстрата проводили в интервале pH 6,0–8,0, температур 30–70 °C и при разной дозировке ферментного препарата.

Для определения степени гидролиза фукоидана 1 мл 10 % водного раствора фукоидана, 1 мл 0,1 М фосфатного буфера и 100 мкл раствора фермента выдерживали при заданной температуре в течение 6 часов. Затем определяли количество фукозы по методу Дише [9]. По количеству образовавшейся фукозы в результате гидролиза рассчитывали степень гидролиза фукоидана.

Наиболее доступным и недорогим растительным сырьем для выделения фукоидана являются бурые водоросли.

Фукоидан бурых водорослей представляет собой сложный сульфатированный полисахарид, основным звеном которого является L-фукоза [10]. Химическая структура фукоидана бурых водорослей представлена на рисунке 1.

Фукоиданы разных видов водорослей различаются по молекулярной массе (от 10 до

1000 кДа), моносахаридному составу (помимо фукозы в состав могут входить галактоза, манноза, ксилоза, арабиноза, рамноза, рибоза), степени сульфатирования молекул фукозы и типу связи между ними [11].

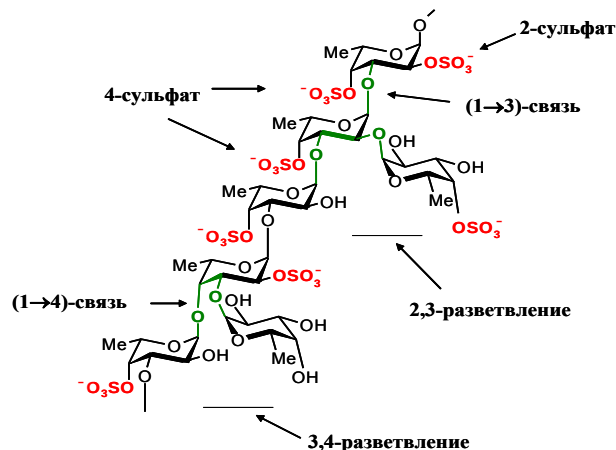


Рисунок 1. Химическое строение фукоидана бурых водорослей

Содержание фукоидана в бурых водорослях варьирует от 0,6 до 7,9 % на сухое вещество. Наибольшее количество фукоидана содержат водоросли порядков *Laminariales* и *Fucales*, сравнительный химический состав которых представлен в таблице 1. Как видно из таблицы, наибольшее содержание фукоидана отмечено в водорослях *Fucus vesiculosus*.

Фукоидан водоросли *Fucus vesiculosus* является частично сульфатированным гомополимером фукозы с преобладанием 1,3 – гликозидных связей, что облегчает очистку фукозосодержащих гидролизатов из-за отсутствия в продуктах гидролиза других сахаров [10].

Проведенный анализ содержания фукоиданов в бурых водорослях и их структуры показал, что наилучшим источником фукоидана являются водоросли *Fucus vesiculosus*. Кроме того эти водоросли являются дешевым и доступным сырьем в Северном и Дальневосточном регионах России.

На фукоидане, выделенном из водорослей *Fucus vesiculosus*, исследовали действие иммобилизованной α -L-фукозидазы в процессе гидролиза.

Эффективность ферментативного гидролиза зависит от ряда факторов, важными из которых являются дозировка ферментного препарата, температура и pH реакционной среды, при которых протекает гидролиз, а также время гидролиза.

Химический состав бурых водорослей порядков *Laminariales* и *Fucales*, % на сухую массу [12]

Водоросли	Минеральные вещества	Белок	Йод	Маннит	Альгиновая кислота	Фукоидан	Липиды
Порядок <i>Laminariales</i> - ламинариевые							
<i>Laminaria japonica</i>	20,7	9,7	0,22	12,8	26,3	2,54	2,10
<i>L. bongardiana</i>	10,5	8,3	0,12	15,3	34,1	3,6	0,88
<i>L. cichorioides</i>	19,4	3,6	0,21	9,4	15,7	2,88	0,64
<i>L. gurjanovae</i>	14,4	2,9	0,25	9,7	21,3	3,8	1,29
<i>Kjellmanella crassifolia</i>	26,6	10,4	0,11	12,3	27,7	3,32	0,98
<i>Agarum cribrosum</i>	23,1	16,8	0,04	4,3	23,5	2,1	0,56
<i>Alaria fistulosa</i>	24,9	10,4	0,07	8,5	24,4	0,70	1,40
<i>A. angustata</i>	25,4	11,7	0,14	6,4	30,5	2,10	1,40
Порядок <i>Fucales</i> - фукусовые							
<i>Fucus evanescens</i>	18,6	10,0	0,007	5,5	36,4	6,04	1,12
<i>Cystoseira crassipes</i>	12,9	10,9	0,002	5,6	34,6	5,4	0,6
<i>Fucus vesiculosus</i>	17,9	9,4	0,006	5,4	34,9	7,2	1,15
<i>Sargassum pallidum</i>	10,7	5,6	0,011	10,3	26,7	4,0	0,82

На рисунке 2 представлена зависимость степени гидролиза фукоидана от дозировки ферментного препарата. Фермент вносили в количестве 1-10 ед./г фукоидана. Внесение фермента в количестве 1 ед./г обеспечивало степень гидролиза менее чем на 30 % за 5 ч. При увеличении концентрации ферментного препарата до 4 ед./г степень гидролиза за то же время составила около 60 %. Максимальный выход фукозы 85 % обеспечивало внесение фермента в количестве 6 ед./г фукоидана. Повышение концентрации фермента до 10 ед./г не способствовало значительному увеличению степени гидролиза. Следовательно, оптимальной дозировкой фермента следует считать дозировку 6 ед./г фукоидана.

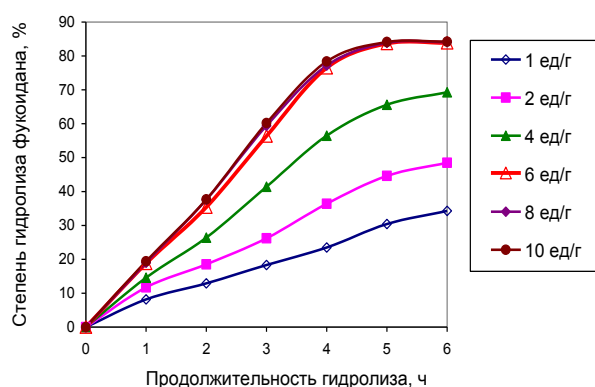


Рисунок 2. Влияние дозировки ферментного препарата на степень гидролиза фукоидана

Далее исследовали влияние температуры на степень гидролиза фукоидана в интервале 30-70 °С при дозировке 6 ед./г и pH 7,0. Данные таблицы 2 показывают, что максимальная

степень гидролиза 84 % наблюдалась при температуре 50 °С. Дальнейшее увеличение температуры приводило к снижению степени гидролиза, что обусловлено термической инактивацией фермента.

Т а б л и ц а 2

Степень гидролиза фукоидана при разных температурах (СГ, %)

Температура °С	Степень гидролиза (СГ), % при продолжительности гидролиза, ч					
	1	2	3	4	5	6
30	16	29	42	55	60	61
40	14	34	47	62	77	78
50	18	36	58	66	84	86
60	13	29	48	55	60	64
70	9	22	27	34	48	51

Влияние pH реакционной среды на эффективность гидролиза фукоидана изучали при дозировке фермента 6 ед./г и температуре 50 °С. Из таблицы 3 видно, что pH среды оказывает сильное влияние на действие фермента. Максимальная степень гидролиза фукоидана наблюдалась при pH 7,0. Смещение pH среды в кислую или щелочную область приводило к значительному снижению выхода фукозы. В щелочной среде, например, при pH 8,0 за 5 часов гидролиза выход фукозы составил около 30 %, а при pH 7,0 за то же время - 84%.

Рациональным временем гидролиза следует считать 5 часов, при которых степень гидролиза достигает 84 %, Дальнейшее увеличение продолжительности гидролиза не приводит к значительному увеличению выхода фукозы.

Т а б л и ц а 3

Степень гидролиза фукоидана в зависимости от pH среды (СГ, %)

pH	Степень гидролиза (СГ), % при продолжительности гидролиза, ч					
	1	2	3	4	5	6
6,0	13	25	40	44	48	50
6,5	17	34	58	62	79	79
7,0	18	35	59	66	84	85
7,5	11	16	26	39	52	53
8,0	7	13	19	24	30	31

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Ройт, А., Бростовф Дж., Мейл Д. Иммунология. М.: Мир, 2000. 592 с.
- 2 Luther K.B., Haltiwanger R.S. Role of unusual O-glycans in intercellular signaling // The International Journal of Biochemistry & Cell Biology. 2009. V. 41. P. 1011–1024.
- 3 Becker D. J., Lowe J. B. Fucose: biosynthesis and biological function in mammals // Glycobiology. 2003. V. 13. P. 41-53.
- 4 Intra J., Cenni F., Perotti M.-E. An α -L-fucosidase potentially involved in fertilization is present on drosophila spermatozoa surface // Molecular reproduction and development. 2006. V. 73. P. 1149–1158.
- 5 Санина Т.В. и др. Исследование бифидогенной активности фукозы и ее полимеров // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2011. № 1. С. 141-143.
- 6 Черенков Д.А., Анохина Е.П., Кирьянова С.В., Корнеева О.С. Антиоксидантная активность продуктов гидролиза природных полимеров (маннана и фукоидана) // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2012. №1. С. 151-153.
- 7 Мещерякова О.Л., Новикова Ю.С., Анохина Е.П., Корнеева О.С. Получение и характеристика биокатализаторов на основе иммобилизованных гликозидаз // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2014. №4. С. 206-212.
- 8 Пат. № 2003123744, RU МПК А61К35/80, А61К31/715. Способ комплексной переработки бурых водорослей с получением препаратов для медицины и косметологии / Шевченко Н.М., Имбс Т.И., Урванцева А.М., Кусайкин М.И., Корниенко В.Г., Звягинцева Т.Н., Елякова Л.А. № 2003123744/15; Заявл. 28.07.2003; Оpubл. 27.01.2005, Бюлл. № 3.

По результатам проведенных исследований выбраны бурые водоросли *Fucus vesiculosus* в качестве источника фукоидана, установлены оптимальные параметры процесса гидролиза фукоидана водорослей *Fucus vesiculosus*: дозировка фермента 6 ед./г, температура 50 °С, pH 7,0, время гидролиза 5 ч. При таких условиях степень гидролиза фукоидана составляла 83-85 %, что является хорошим показателем и показывает перспективность ферментативного гидролиза для получения фукозы из растительного сырья.

Работа выполнена в рамках НИОКР по программе У.М.Н.И.К. (ГК №11720p/17208 от 05.04.2013).

9 Dische Z., Shettles L. B. A specific color reaction of methylpentoses and a spectrophotometric micromethod for their determination // J. Biol. Chem. 1948. V. 175. № 2. P. 595-603.

10 Усов А.И., Кирьянов А.В. Полисахариды водорослей. Выделение фракций фукоидана из бурых водорослей // Биоорганическая химия. 1998. № 24. С. 437-445.

11 Кузнецова Т. В. и др. Сравнительное исследование биологической активности фукоиданов из бурых водорослей // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2006. № 6. С. 105-110.

12 Аминина Н. М. и др. Состав и возможности использования бурых водорослей дальневосточных морей // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2007. № 7. С. 123-130.

REFERENCES

- 1 Royt A., Brostoff Dzh., Meyl D. Immunology [Immunology]. Moscow, Mir Publ, 2000. 592 p. (In Russ.).
- 2 Luther K.B., Haltiwanger R.S. Role of unusual O-glycans in intercellular signaling. The International Journal of Biochemistry & Cell Biology, 2009, vol. 41, pp. 1011–1024.
- 3 Becker D. J., Lowe J. B. Fucose: biosynthesis and biological function in mammals. Glycobiology, 2003, vol. 13, pp. 41-53.
- 4 Intra J., Cenni F., Perotti M.-E. An α -L-fucosidase potentially involved in fertilization is present on drosophila spermatozoa surface. Molecular reproduction and development, 2006, vol. 73, pp. 1149–1158.
- 5 Sanina T.V. et al. The study bifidogenic activity fucose and its polymers. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Himiya. Biologiya. Farmatsiya [Herald of the Voronezh state University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy], 2011, no. 1, pp. 141-143. (In Russ.).

6 Cherenkov D.A. et al. The antioxidant activity of the products of hydrolysis of natural polymers (mannan, and fucoidan). *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij* [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technology], 2012, no. 1, pp. 151-153. (In Russ.)

7 Meshcheriakova O. L. et al. Preparation and characterization of biocatalysts based on immobilized glycosidases. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij* [Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technology], 2014, no. 4, pp. 206-212. (In Russ.)

8 Shevchenko N.M., Imbs T.I., Urvantseva A.M., Kusaykin M.I., Kornienko V.G., Zvyagintseva T.N., Elyakova L.A. Sposob kompleksnoy pererabotki buryih vodorosley s polucheniem preparatov dlya meditsiny i kosmetologii [The method of complex processing of brown algae to obtaining preparations for medicine and cosmetology] Patent RF, no. 2003123744, 2005. (In Russ.).

9 Dische Z., Shettles L. B. A specific color reaction of methylpentoses and a spectrophotometric micromethod for their determination. *J. Biol. Chem.* 1948. V. 175. № 2. P. 595-603.

10 Usov A.I., Kiryanov A.V. Polysaccharides of algae. Isolation of fractions of fucoidan from brown algae. *Bioorganicheskaya khimiya* [Bioorganic chemistry], 1998, no. 24, pp. 437-445. (In Russ.).

11 Kuznetsova T. V. et al. A comparative study of the biological activity of fucoidan from brown algae. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk* [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences], 2006, no. 6, pp. 105-110. (In Russ.).

12 Aminina N. M. The composition and the possibility of using brown algae Far Eastern seas. *Vestnik Dal'nevostochnogo otdeleniya Rossijskoj akademii nauk* [Bulletin of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences], 2007, no. 7, pp. 123-130. (In Russ.).

УДК 338.012

Профессор И.П. Богомолова, доцент О.Г. Стукало,
ассистент И.Е. Устюгова
(Воронеж.гос. ун-т инж. технол.)
кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики.
тел. 8 (473) 255-27-10
E-mail: ystugova@yandex.ru

Professor I.P. Bogomolova, associate Professor O.G. Stukalo,
assistant I.E. Ustyugova
(Voronezh state university of engineering technologies)
Department of management, organization of production and industry economy.
phone 8(473) 255-27-10
E-mail: ystugova@yandex.ru

Экономико-математическая модель оценки эффективности интеграционных формирований

Economic-mathematical model for evaluating the effectiveness of the integration units

Реферат. Оценка эффективности интеграционных формирований требует комплексного подхода, сочетающего использование как количественных, так и качественных показателей. Существующие методы анализа эффективности экономических процессов не могут быть формально применены к задаче выполнения оценки эффективности интеграционных формирований по многим причинам. Применение статистических ретроспективных данных или анализ прецедентов вызывает затруднения вследствие уникальности интеграционных мероприятий и невозможности тиражирования управленческих решений в силу специфичности внутренней среды организаций, нестабильности рынка, действия различных природных факторов, что обусловило необходимость экономико-математического моделирования, экспертных оценок эффективности интеграционных формирований (ЭИФ) с использованием лингвистических переменных и методов теории нечетких чисел. Выбранный математический инструмент, использованный в предложенной модели – теория нечетких множеств, которые дает возможность анализировать качественные переменные, оперировать нечеткими входными данными и лингвистическими критериями, а так же моделировать сложные системы и сравнивать их между собой. Экономико-математическая модель предусматривает проведение оценки ЭИФ в два этапа. На первом определяются обобщенные оценки каждого из девяти блоков, характеризующих вклад блока в ЭИФ, на втором выполняется интегральная оценка ЭИФ. Заключение об интегральной оценке ЭИФ может быть получено на основе анализа значений комплексных оценок, отражающих результативность блока. Последние учитывают, в свою очередь, что комплексные оценки были получены в результате анализа значений показателей. При этом необходимо обеспечить выполнения требования, чтобы рост значения каждой оценки или показателя был сопряжен с увеличением значения ЭИФ. Это требование выполняется при переходе к лингвистическим значениям. Алгоритмы реализации этапов различаются правилами перехода к лингвистическим переменным – качественным значениям показателей и лингвистическим переменным – оценкам ЭИФ, в остальном алгоритмы идентичны. Представленная экономико-математическая модель позволяет получить комплексные качественные оценки эффективности интеграционных формирований. Разработанная модель направлена на повышение репрезентативности управленческих решений и снижение рисков интеграционных формирований с учетом отраслевых особенностей мясоперерабатывающей промышленности.

Summary. Evaluating the effectiveness of integration formations requires an integrated approach that combines the use of both quantitative and qualitative indicators. Existing methods for analyzing the effectiveness of economic processes can not be formally applied to the problem of assessing the effectiveness of the implementation of the integration units for many reasons. Application of statistical analysis of historical data or case law causes difficulties due to the uniqueness of integration activities and the impossibility of duplicating administrative decisions due to the specifics of the internal environment of organizations, market instability, the effect of different environmental factors that necessitated the economic and mathematical modeling, expert assessments of the effectiveness of the integration units (EIF) with using linguistic variables and methods of the theory of fuzzy numbers. Selected mathematical tools used in the proposed model - the theory of fuzzy sets, which makes it possible to analyze the qualitative variables, manipulate the input data and fuzzy linguistic criteria, as well as to model complex systems and to compare them with each other. Economic-mathematical model provides an assessment of EIF in two stages. At first defined the generalized evaluation of each of the nine blocks that characterize the contribution of block EIF, the second integral evaluation performed EIF. Conclusion on the integrated assessment of EIF can be obtained by analyzing the values of integrated assessments, reflecting the impact of the block. Recent consider, in turn, that comprehensive evaluations were obtained from the analysis values of the indicators. It is necessary to ensure the fulfillment of the requirement to increase the value of each evaluation index, or was coupled with an increase in value of EIF. This requirement is satisfied when the transition to the linguistic values. The algorithms implementing the steps vary the transitional linguistic variables - qualitative indicators and values of linguistic variables - estimated EIF, the rest of the algorithms are identical. Presentation of the economic-mathematical model to derive a comprehensive qualitative evaluation of the effectiveness of integration formations. The developed model is aimed at increasing the representation of management decisions and risk reduction integration formations based on industry characteristics meat industry.

Ключевые слова: интеграция, экономико-математическая модель, мясная промышленность

Keywords: integration, economic and mathematical model, the meat industry

Двухуровневая система показателей
для оценки ЭИФ

Показатели
1. Блок сырьевого рынка
1.1. Структура сырья по видам
1.2. Доля отечественного сырья
1.3. Доля импортного сырья
2. Блок рынка продаж
2.1. Доля рынка реализации
2.2. Устойчивость продаж
2.3. Ассортимент
3. Финансово экономический блок
4. Блок эффективности интеграционных формирований
5. Социальный блок
6. Инвестиционный блок
7. Инновационный блок
8. Логистический блок
9. Блок качества

Оценка эффективности интеграционных формирований требует комплексного подхода, сочетающего использование как количественных, так и качественных показателей. Проведенное исследование подтвердило, что существующие методы анализа эффективности экономических процессов не могут быть формально применены к задаче выполнения оценки эффективности интеграционных формирований по многим причинам. В качестве основных аргументов укажем на то, что прибыль или убытки организации вследствие ее интеграции достаточно трудно оценить, так как сложно прогнозировать объективные результаты как интеграции, так и оценить социально-экономические последствия отказа от нее. Кроме того, использование статистических ретроспективных данных или анализ прецедентов также вызывает затруднения вследствие уникальности интеграционных мероприятий и невозможности тиражирования управленческих решений в силу специфичности внутренней среды организаций, нестабильности рынка, действия различных природных факторов и т.п. Кроме того, многие аспекты интеграции вообще не поддаются количественному измерению, тем более количественному анализу.

Все вышеизложенное обусловило необходимость применения экономико-математического моделирования, экспертных оценок эффективности интеграционных формирований с использованием лингвистических переменных и методов теории нечетких чисел. Последовательность проведения экспертного оценивания эффективности интеграционных формирований (ЭИФ) включают следующие этапы:

1. Разработка двухуровневой системы показателей.

Первый уровень – уровень блоков. С целью получения репрезентативных оценок выделены девять блоков, в каждом из которых определена система соответствующих показателей (таблица 1).

2. Определение веса каждого блока в зависимости от степени его значимости – вклада блока в эффективность интеграционных формирований. Определить вес блока можно следующим образом: если веса показателей упорядочены, т.е. имеется информация о том, что $r_1 \geq r_2 \geq \dots \geq r_n$, и больше никакой информации об этих величинах нет, то вес определяется по правилу Фишберна [3]:

$$r_i = \frac{2(n-i+1)}{(n-1)n}, n=9. \quad (1)$$

При условии, что блоки равно предпочтительны или система предпочтений соответствует, то будем считать, что они обладают равным весом:

$$r_i = 1/n. \quad (2)$$

3. Назначение веса показателям в каждом блоке, которое выполняется способами, указанными в п. 2.

Экономико-математическая модель предусматривает проведение оценки ЭИФ в два этапа.

На первом определяются обобщенные оценки каждого из девяти блоков, характеризующих вклад блока в ЭИФ, на втором выполняется интегральная оценка ЭИФ.

Заключение об интегральной оценке ЭИФ может быть получено на основе анализа значений комплексных оценок, отражающих результативность блока. Последние учитывают, в свою очередь, что комплексные оценки были получены в результате анализа значений показателей. При этом необходимо обеспечить выполнения требования, чтобы рост значения каждой оценки или показателя был сопряжен с увеличением значения ЭИФ. Это требование выполняется при переходе к лингвистическим значениям.

Алгоритмы реализации этапов различаются правилами перехода к лингвистическим переменным – качественным значениям показателей и лингвистическим переменным – оценкам ЭИФ, в остальном алгоритмы идентичны.

Алгоритм может быть представлен следующей последовательностью шагов.

Шаг 1. Определяем общий классификатор для лингвистической оценки значения каждого показателя ЭИФ как разновидность так называемой «серой» шкалы Пospелова [1], представляющей собой полярную (оппозиционную) шкалу, в которой переход от свойства А+ к свойству А- происходит плавно. Шкалы удовлетворяют условиям [2]: взаимной компенсации между свойствами А+ и А- (чем в большей степени проявляется А+, тем в меньшей степени проявляется А-, и наоборот); наличия нейтральной точки А0, интерпретируемой как точка наибольшего противоречия, в которой оба свойства присутствуют в равной степени.

Примем следующие основные обозначения:
 S - качественная обобщенная оценка ЭИФ;
 Н - качественная обобщенная оценка блока показателей в смысле вклада блока в оценку ЭИФ;
 G - качественная оценка значения показателя.

Значения показателей и оценок ЭИФ будем определять в виде качественных значений - лингвистических переменных.

Шаг 2. Введем лингвистическую переменную s = «значение эффективности интеграционных формирований».

Универсальным множеством для переменной s является отрезок $[0,1]$, а множеством

значений переменной s – терм-множество S качественных оценок ЭИФ:

$$S = \{S_1, S_2, S_3, S_4, S_5\}, \quad (3)$$

где S_1 = значение ЭИФ крайне низкое; S_2 = значение ЭИФ ниже среднего; S_3 = значение ЭИФ среднее; S_4 = значение ЭИФ выше среднего; S_5 = значение ЭИФ высокое.

Каждый терм из множества S является именем нечеткого подмножества на отрезке $[0,1]$.

Будем рассматривать эти нечеткие подмножества как трапециевидные нечеткие числа.

Примем, что каждая лингвистическая переменная имеет трапециевидную функцию принадлежности, которая может быть определена четверкой чисел $s = (a_1, a_2, a_3, a_4)$, т.е. функция принадлежности каждого терма имеет вид (4).

$$\mu(s) = \begin{cases} 0, & \text{если } s < a_1; \\ \frac{s - a_1}{a_2 - a_1}, & \text{если } a_1 \leq s < a_2; \\ 1, & \text{если } a_2 \leq s < a_3; \\ \frac{s - a_4}{a_3 - a_4}, & \text{если } a_3 < s \leq a_4; \\ 0, & \text{если } s > a_4. \end{cases} \quad (4)$$

Составим таблицу функций принадлежности каждого терма (таблица 2).

Т а б л и ц а 2

Функции принадлежности подмножеств терм-множества g

Терм S_k	Функции принадлежности нечеткого множества S
Крайне низкое значение ЭИФ $S_1 \in [0; 0,25]$	$\mu_1 = \begin{cases} 1, & \text{если } 0 \leq s \leq 0,15; \\ 10(0,25 - s), & \text{если } 0,15 < s \leq 0,25 \end{cases}$
Значение ЭИФ ниже среднего $S_2 \in (0,15; 0,45]$	$\mu_2 = \begin{cases} 1 - 10(0,25 - s), & \text{если } 0,15 < s \leq 0,25; \\ 1, & \text{если } 0,25 < s \leq 0,35 \\ 10(0,45 - s), & \text{если } 0,35 < s \leq 0,45 \end{cases}$
Среднее значение ЭИФ $S_3 \in (0,35; 0,65]$	$\mu_3 = \begin{cases} 1 - 10(0,45 - s), & \text{если } 0,35 < s \leq 0,45; \\ 1, & \text{если } 0,45 < s \leq 0,55 \\ 10(0,65 - s), & \text{если } 0,55 < s \leq 0,65 \end{cases}$
Значение ЭИФ выше среднего $S_4 \in (0,55; 0,85]$	$\mu_4 = \begin{cases} 1 - 10(0,65 - s), & \text{если } 0,55 < s \leq 0,65; \\ 1, & \text{если } 0,65 < s \leq 0,75 \\ 10(0,85 - s), & \text{если } 0,75 < s \leq 0,85 \end{cases}$
Высокое значение ЭИФ $S_5 \in (0,75; 1]$	$\mu_5 = \begin{cases} 1 - 10(0,85 - s), & \text{если } 0,75 < s \leq 0,85; \\ 1, & \text{если } 0,85 < s \leq 1 \end{cases}$

Примечание в формулах функций принадлежности не включены интервалы, на которых функция принимает нулевое значение.

Шаг 3. Выполняется для каждого из восьми блоков. Введем лингвистическую переменную h = «значение обобщенной оценки блока показателей в смысле вклада блока в оценку ЭИФ». Как и на шаге 2, универсальным

множеством для переменной h является отрезок $[0,1]$, а множеством значений переменной h – терм-множество H качественных оценок результативности блока:

$$H = \{H_1, H_2, H_3, H_4, H_5\}, \quad (5)$$

где H_1 = значение оценки крайне низкое; H_2 = значение оценки ниже среднего; H_3 = зна-

чение оценки среднее; H_4 = значение оценки выше среднего; H_5 = значение оценки высокое.

Каждый терм из множества H является именем нечеткого подмножества на отрезке $[0,1]$. Также будем рассматривать эти нечеткие подмножества как трапециевидные нечеткие числа $h = (a_1, a_2, a_3, a_4)$, т.е. функция принадлежности каждого терма имеет вид (4).

Шаг 4. Выполняется для каждого показателя в каждом из девяти блоков.

Оценку показателя в смысле его вклада в совокупную оценку блока будем проводить в зависимости от его значения также с использованием лингвистической переменной. Введем лингвистическую переменную g = «значение показателя X ». Универсальным множеством для переменной g является отрезок $[n,m]$, где n – минимальное, m – максимальное значение показателя, а множество значений переменной g – терм-множество G . Примем, что каждая лингвистическая переменная имеет трапециевидную функцию принадлежности, которая определена четверкой чисел $g = (a_1, a_2, a_3, a_4)$, т.е. функция принадлежности каждого терма G имеет вид (4).

Далее необходимо определить правила перехода от значений показателя X к значению лингвистической переменной g . При этом, можно выделить три схемы перехода. Ориентируясь на стандартный пятиуровневый классификатор, где функции принадлежности – трапециевидные нечеткие числа (таблица 3), имеем следующие.

Схема 1. Явное экспертное определение значения лингвистической переменной и значения функции принадлежности как степени уверенности эксперта. Сюда можно отнести и балльную оценку по 10 балльной шкале с последующей проекцией балла на классификатор $[0; 1]$.

Схема 2. Если можно определить границы допустимых значений показателя X , то нормируя достигнутое значение по формуле:

$$\bar{x} = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}, \quad (6)$$

получаем значение терма и функцию принадлежности в форме (4).

Схема 3. Для каждого терма (значения: низкий, ниже среднего, средний, выше среднего и высокий) следует определить нечеткие интервалы количественных значений, т.е. задать функцию принадлежности $g = (a_1, a_2, a_3, a_4)$, а затем определить, в какой интервал попадают достигнутое значение показателя и значение функции принадлежности.

В результате выполнения Шага 4 каждый показатель будет представлен значением лингвистической переменной и значением функции принадлежности.

Шаг 5. Определение лингвистической переменной h = «значение обобщенной оценки блока показателей в смысле вклада блока в оценку ЭИФ». Выполняется для каждого блока.

При выбранной системе весов показателей для каждого из девяти блоков правило перехода от значений показателей к весам термов лингвистической переменной h = «значение обобщенной оценки блока показателей в смысле вклада блока в оценку ЭИФ» имеет вид:

$$p_k = \sum_{i=1}^n r_i \mu_{ki}, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, \quad (7)$$

где r_i – вес показателя, определяемый по (1) или (2).

Вычислив наблюдаемые веса каждого терма H_i лингвистической переменной, получим значения самой переменной h по формуле:

$$h = \sum_{k=1}^5 p_k \bar{h}_k, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, \quad (8)$$

где $\bar{h}_k$ – середина промежутка, который является носителем терма $H_k \in (a_{k1}, a_{k4}]$.

Шаг 6. Определение лингвистической переменной s = «значение эффективности интеграционных формирований».

При выбранной системе весов, отражающих степень вклада блока в оценку эффективности, правило перехода от значений обобщенных оценок блоков к весам термов лингвистической переменной s = «значение эффективности интеграционных формирований» имеет вид (6).

Вычислив веса каждого терма S_i лингвистической переменной, получим значения самой переменной s по формуле:

$$s = \sum_{k=1}^5 p_k \bar{s}_k, \quad k = 1, 2, 3, 4, 5, \quad (9)$$

где $\bar{s}_k$ – середина промежутка, который является носителем терма $S_k \in (a_{k1}, a_{k4}]$.

Рассмотрим пример реализации экономико-математической модели по объектам исследования.

Шаги с первого по третий определяют классификатор и форму функции принадлежности и имеют общий характер.

Результат выполнения Шага 4 представлены в таблице 3, в которой индекс показателя содержит номер блока (i) и номер показателя в блоке (j) в соответствии с данными таблицы 1. В таблице 3 также отражено вычисление весов термов лингвистических переменных h_i по формуле (6).

Т а б л и ц а 3

Первичная обработка показателей ЭИФ

Показатель		Значения функции принадлежности μ_{ik} лингвистической переменной g_{ij}				
X_{ij}	Значение на носителе $[0; 1]$	μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}	μ_{i4}	μ_{i5}
1	2	3	4	5	6	7
X_{11}	0,82	0	0	0	0,3	0,7
X_{12}	0,64	0	0	0,1	0,9	0
X_{13}	0,5	0	0	1	0	0
Вес термина лингвистической переменной h_1		0	0	0,367	0,400	0,233
X_{21}	0,55	0	0	1	0	0
X_{22}	0,3	0	1	0	0	0
X_{23}	0,25	0	1	0	0	0
Вес термина лингвистической переменной h_2		0	0,667	0,333	0	0
X_{31}	0,58	0	0	0,7	0,3	0
X_{32}	0,8	0	0	0	0,5	0,5
X_{33}	0,66	0	0	0	1	0
X_{34}	0,65	0	0	0	1	0
X_{35}	0,82	0	0	0	0,3	0,7
Вес термина лингвистической переменной h_3		0	0	0,140	0,620	0,240
X_{41}	0,6	0	0	0,5	0,5	0
X_{42}	0,8	0	0	0	0,5	0,5
X_{43}	0,3	0	1	0	0	0
Вес термина лингвистической переменной h_4		0	0,333	0,167	0,333	0,167

Продолжение табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
X_{51}	0,7	0	0	0	1	0
X_{52}	0,6	0	0	0,5	0,5	0
X_{53}	0,8	0	0	0	0,5	0,5
X_{54}	0,68	0	0	0	1	0
X_{55}	0,78	0	0	0	0,7	0,3
X_{56}	0,4	0	0,5	0,5	0	0
X_{57}	0,2	0,5	0,5	0	0	0
Вес термина лингвистической переменной h_5		0,071	0,143	0,143	0,529	0,114
X_{61}	0,45	0	0	1	0	0
X_{62}	0,35	0	1	0	0	0
X_{63}	0,68	0	0	0	1	0
X_{64}	0,5	0	0	1	0	0
Вес термина лингвистической переменной h_6		0	0,250	0,500	0,250	0
X_{71}	0,7	0	0	0	0,5	0,5
X_{72}	0,7	0	0	0	0,5	0,5
X_{73}	0,85	0	0	0	0	1
X_{74}	0,45	0	0	1	0	0
Вес термина лингвистической переменной h_7		0	0	0,250	0,250	0,500
X_{81}	0,55	0	0	1	0	0
X_{82}	0,45	0	0	1	0	0
X_{83}	0,65	0	0	0	1	0
Вес термина лингвистической переменной h_8		0	0	0,667	0,333	0
X_{91}	0,65	0	0	0	1	0
X_{92}	0,85	0	0	0	0	1
X_{93}	0,7	0	0	0	1	0
Вес термина лингвистической переменной h_9		0	0	0	0,667	0,333

Т а б л и ц а 4

Вычисление значений лингвистических переменных h_i = «значение обобщенной оценки блока показателей в смысле вклада блока в оценку ЭИФ» (для первых трех подробно)

Вес термина p_j лингвистической переменной h_i *	Множество-носитель k-го термина лингвистической переменной h	Середина промежутка $H_k, \bar{h}_k$	$h_k = p_k \bar{h}_k$
1	2	3	4
Вес $p_1=0$	$H_1 \in [0; 0,25]$	0,125	0
Вес $p_2=0$	$H_2 \in (0,15; 0,45]$	0,3	0
Вес $p_3=0,367$	$H_3 \in (0,35; 0,65]$	0,5	0,1835
Вес $p_4=0,400$	$H_4 \in (0,55; 0,85]$	0,7	0,2800
Вес $p_5=0,233$	$H_5 \in (0,75; 1]$	0,875	0,2039
$h_1 = \sum_{k=1}^5 p_k \bar{h}_k$			0,6674
Вес $p_1=0$	$H_1 \in [0; 0,25]$	0,125	0
Вес $p_2=0,667$	$H_2 \in (0,15; 0,45]$	0,3	0,2001
Вес $p_3=0,333$	$H_3 \in (0,35; 0,65]$	0,5	0,1665
Вес $p_4=0$	$H_4 \in (0,55; 0,85]$	0,7	0
Вес $p_5=0$	$H_5 \in (0,75; 1]$	0,875	0
$h_2 = \sum_{k=1}^5 p_k \bar{h}_k$			0,3666

1	2	3	4
Вес $p_1=0$	$H_1 \in [0; 0,25]$	0,125	0
Вес $p_2=0$	$H_2 \in (0,15; 0,45]$	0,3	0
Вес $p_3=0,140$	$H_3 \in (0,35; 0,65]$	0,5	0,070
Вес $p_4=0,620$	$H_4 \in (0,55; 0,85]$	0,7	0,434
Вес $p_5=0,240$	$H_5 \in (0,75; 1]$	0,875	0,210
$h_3 = \sum_{k=1}^5 p_k \bar{h}_k$			0,7140
h_4			0,5626
h_5			0,5993
h_6			0,5000
h_7			0,7375
h_8			0,5666
h_9			0,7583

*См. итоговые строки таблицы 3

Шаг 5. Выполняется для каждого блока. Определение лингвистической переменной h = «значение обобщенной оценки блока показателей в смысле вклада блока в оценку ЭИФ».

Вычислим значение функции принадлежности лингвистической переменной h = «значение обобщенной оценки блока показателей» по формуле (7) и с учетом весов, определенных в таблице 3. Полученные результаты по девяти блокам представлены в таблице 4, где подробно показан расчет по первым трем блокам, а для остальных отражен только результат.

Шаг 6. Определение лингвистической переменной s = «значение эффективности интеграционных формирований».

Используя данные таблицы 1, найдем значения функций принадлежности $\mu_k(h_i)$.

Например, для первого блока показателей (Блок сырьевого рынка), если $h_1=0,6674$, то по формуле (4) и информации таблицы 2: для H_4 = «значение оценки выше среднего»

$$\mu_4(0,6674) = 1,0$$

$$\mu_k(0,6674) = 0 \text{ для } k = 1, 2, 3, 5.$$

Если $h_2=0,3666$, то по формуле (4) и информации таблицы 2:

для H_2 = «значение оценки ниже среднего»:

$$\mu_2(0,3666) = 10 \cdot (0,45 - 0,3666) = 0,834$$

H_3 = «значение оценки среднее»:

$$\mu_3(0,3666) = 1 - 10 \cdot (0,45 - 0,3666) = 0,166$$

$$\mu_k(0,3666) = 0 \text{ для } k = 1, 4, 5.$$

Если $h_3=0,7140$, то: для H_4 = «значение оценки выше среднего»:

$$\mu_4(0,7140) = 1, \text{ и } \mu_k(0,7140) = 0$$

для $k = 1, 2, 3, 5$.

Итоговые результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5
Функции принадлежности лингвистических переменных h_i = «значение обобщенной оценки блока показателей в смысле вклада блока в оценку ЭИФ»

Лингвистическая переменная		Значения функции принадлежности μ_{ik} лингвистической переменной h_i				
h_i	Значение на носителе $[0; 1]$	μ_{i1}	μ_{i2}	μ_{i3}	μ_{i4}	μ_{i5}
h_1	0,6674	0	0	0	1,0	0
h_2	0,3666	0	0,834	0,166	0	0
h_3	0,7140	0	0	0	1,0	0
h_4	0,5626	0	0	0,874	0,126	0
h_5	0,5993	0	0	0,507	0,493	0
h_6	0,5000	0	0	1,0	0	0
h_7	0,7375	0	0	0	1,0	0
h_8	0,5666	0	0	0,834	0,166	0
h_9	0,7583	0	0	0	0,917	0,083
Вес термина лингвистической переменной s		0	0,0927	0,3757	0,5224	0,0092

В результате, используя информация таблицы 1, найдем значения функций принадлежности $\mu_k(s)$:

для S_3 =« значение ЭИФ среднее»

$$\mu_3(0,5894) = 10 \cdot (0,65 - 0,5894) = 0,606$$

для S_4 =« значение ЭИФ выше среднего»

$$\mu_4(0,5894) = 1 - 10 \cdot (0,65 - 0,5894) = 0,394$$

$$\mu_k(0,5894) = 0 \text{ для } k = 1, 2, 5.$$

Согласно полученным значениям анализируемых показателей эффективности интеграционных формирований может быть оценена на уровне «значение ЭИФ среднее», что является третьим уровнем эффективности из пяти возможных. Полученные результаты схематично иллюстрирует рисунок 1.

Вычислим значение функции принадлежности лингвистической переменной s =«значение эффективности интеграционных формирований» по формуле (8) и с учетом значений весов, определенных в таблице 5. Итоговые данные вычисления представлены в таблице 6.

Таблица 6

Вычисление значения лингвистической переменной s =«значение эффективности интеграционных формирований»

Вес терма лингвистической переменной s_i	Множество-носитель k -го терма лингвистической переменной s	Середина промежутка S_k	$S_k = p_k \bar{S}_k$
Вес $p_1=0$	$S_1 \in [0; 0,25]$	0,125	0
Вес $p_2=0,0927$	$S_2 \in (0,15; 0,45]$	0,3	0,0278
Вес $p_3=0,3757$	$S_3 \in (0,35; 0,65]$	0,5	0,1879
Вес $p_4=0,5224$	$S_4 \in (0,55; 0,85]$	0,7	0,3657
Вес $p_5=0,0092$	$S_5 \in (0,75; 1]$	0,875	0,0081
$S = \sum_{k=1}^5 p_k \bar{S}_k$			0,5894

*См. итоговую строку таблицы 5.

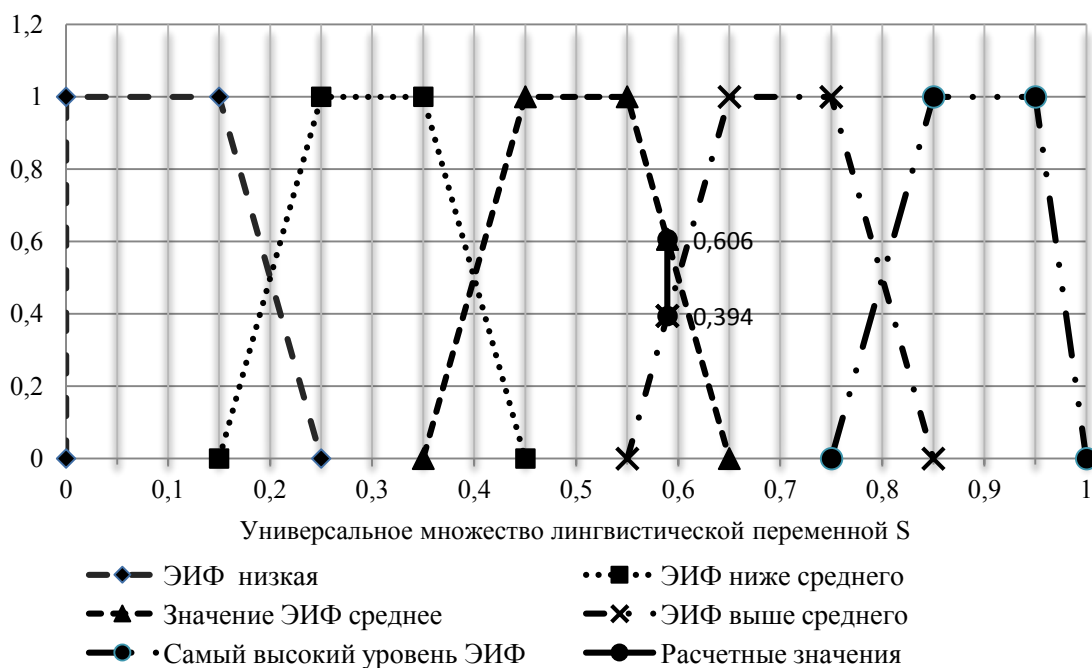


Рисунок 1. Функции принадлежности лингвистической переменной "оценка эффективности инвестиционных формирований"

Таким образом, выбранный математический инструментарий, использованный в предложенной модели – теория нечетких множеств, потому что использование нечетких множеств, дает возможность анализировать качественные переменные; оперировать нечеткими входными данными и оперировать лингвистическими критериями; моделировать сложные системы и сравнивать их между собой.

Представленная экономическо-математическая модель позволяет получить комплексные качественные оценки эффективности интеграционных формирований. Разработанная модель направлена на повышение репрезентативности управленческих решений и снижение рисков интеграционных формирований с учетом отраслевых особенностей мясоперерабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Недосекин А.О. Применение теории нечетких множеств к задачам управления финансами // Аудит и финансовый анализ. 2010. № 2.

2 Конышева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств. СПб: Питер, 2011. 192с.

3 Богомолова И.П., Стукало О.Г., Устюгова И.Е. Методические подходы к оценке эффективности функционирования интеграционных формирований // Вестник ВГУИТ. 2014. № 1 (59).

REFERENCES

1 Nedosekin S.A. The application of fuzzy sets theory to the problems of financial management. *Audit i finansovyi analiz*. [Audit and Financial Analysis], 2010, no. 2. (In Russ.).

2 Konysheva L.K., Nazarov D.M. *Osnovy nechetkikh mnozhestv*. [Fundamentals of the theory of fuzzy sets]. Sent-Petersburg, Piter, 2011. 192 p. (In Russ.).

3 Bogomolova I.P., Stukalo O.G., Ustyugova I.E. Methodological approaches to assessing the effectiveness of the integration groups. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2014, no. 1 (59). (In Russ.).

УДК 338.27

Профессор Н.А. Серебрякова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.)

кафедра теории экономики, товароведения и торговли. тел. (4732) 255-63-47

доцент Т.Ю. Ульченко

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.)

кафедра управления организации производства и отраслевой экономики.

тел. (4732) 255-27-10

старший преподаватель Н.М. Панкова

(Воронежский институт кооперации (филиал) БУКЭП)

кафедра товароведно-технологических дисциплин, маркетинга и менеджмента.

тел. (4732) 264-10-83)

Professor N. A. Serebryakova

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of the theory of economy, merchandizing and trade. phone (4732) 255-63-47

associate Professor T.Yu. Ulchenko

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of management of the organization of production and branch economy. phone (4732) 255-27-10

senior lecturer N. M. Pankova

(Voronezh institute of cooperation) Department of goodsknowing-technological disciplines, marketing and management. phone (4732) 264-10-83)

Управление рисками на макро- и микроуровнях

Risk management on macro - and microlevels

Реферат. Отечественный зернопродуктовый комплекс в условиях рынка занимает особое положение, от эффективности его функционирования во многом зависят сбалансированность экономики, политическая обстановка в стране, ее продовольственная независимость. В то же время, как показал проведенный анализ сложившаяся ситуация на предприятиях комплекса не позволяет им эффективно участвовать в межотраслевой конкуренции. Исследования подтвердили, что в современных условиях глобализации и возрастающей конкуренции на мировых рынках вариант государственного регулирования развития экономики является фактически безальтернативным как для каждой страны, так и регионов. В этой связи особую значимость приобретает изучение опыта государственного регулирования предприятий зернопродуктового комплекса за рубежом. В статье сделан вывод, что механизм государственного регулирования деятельности отрасли в зарубежных странах отличается большим разнообразием используемых инструментов; раскрыты основные направления совершенствования государственного регулирования деятельности предприятий зернопродуктового комплекса в системе управления рисками, отличительной особенностью которых является адаптация имеющегося зарубежного опыта к условиям функционирования России в ВТО, что дает возможность повысить инновационно-инвестиционную привлекательность, организационно-технический уровень и конкурентоспособность отечественного производства.

Summary. The domestic grain products complex in the conditions of the market holds special position, balance of economy, a political situation in the country, its food independence in many respects depend on efficiency of its functioning. At the same time, as showed the carried-out analysis current situation at the enterprises of a complex doesn't allow them to participate in the interindustry competition effectively. Researches confirmed that in modern conditions of globalization and the increasing competition in the world markets the option of the state regulation of development of economy is actually uncontested as for each country, and regions. In this regard the special importance is gained by studying of experience of state regulation of the enterprises of a grain products complex abroad. In article the conclusion is drawn that the mechanism of state regulation of activity of branch in foreign countries differs in a big variety of the used tools; the main directions of improvement of state regulation of activity of the enterprises of a grain products complex in a control system of risks which distinctive feature is adaptation of the available foreign experience to operating conditions of Russia in the WTO that gives the chance to increase innovative investment appeal, an organizational technological level and competitiveness of a domestic production are opened.

Ключевые слова: управление, риски, государственное регулирование, макроуровень, микроуровень, производственная безопасность.

Keywords: management, risks, state regulation, macrolevel, microlevel, production safety.

Зерновой комплекс в условиях рынка занимает особое положение, от которого во многом зависят сбалансированность экономики, политическая обстановка в стране, ее продовольственная независимость; в то же время такое положение комплекса не позволяет в полной мере и на равных участвовать в межотраслевой конкуренции. В сложившейся ситуации значительная роль отводится государственному регулированию рынка, поскольку по его уровню и эффективности можно говорить о развитости и благополучии экономики государства. Государство обладает ресурсом принятия законодательной базы и выступает гарантом ее соблюдения, что, в свою очередь, оказывает особую роль в формировании конкурентной среды.

Длительное время отрасль характеризовалась низкими темпами структурно-технологической модернизации и обновления основных производственных фондов, особенно в сфере хранения и переработки зерна.

В последнее время нарастает дефицит квалифицированных кадров, способных эффективно внедрять новые технологические решения. Неустойчивое функционирование зернового хозяйства РФ во многом не позволяет надеяться на его активную восприимчивость к современным инновациям, нововведениям и новшествам. По разным экспертным оценкам, инновационный потенциал отечественного АПК используется только на 4-7 %, тогда как в США он используется на 50 %.

Данные Минсельхоза показывают, что из общего числа завершенных, принятых, оплаченных заказчиком и рекомендованных к внедрению прикладных научно-технических разработок только 2-3 % было освоено в незначительных объемах и на ограниченных площадях, еще 4-5 % лишь в одном или двух хозяйствах, а во многих уже через 3 года ничего не было известно ни заказчикам, ни разработчикам [4].

Как показывают исследования, в современных условиях глобализации и возрастающей конкуренции на мировых рынках инновационный вариант развития экономики является фактически безальтернативным как для каждой отдельно взятой страны, так и регионов. Актуальность инновационного развития регионов продиктована не только внешними факторами, но и внутрирегиональными проблемами, в том числе и необходимостью обеспечения экономически сбалансированного развития территории страны [5]. Неоспорим тот факт, что от инновационной активности и инновационной восприимчивости региональных экономик и отраслей зависит стратегическая конкурентоспособность России в мировой экономике.

В этой связи особую значимость приобретает государственное регулирование АПК за рубежом. Исследование показало, что механизм государственного регулирования отрасли в зарубежных странах отличается большим разнообразием используемых инструментов (таблица 1).

Т а б л и ц а 1

Зарубежный опыт государственного регулирования зернового комплекса

Страна	Инструменты регулирования агропромышленного комплекса
1	2
Евросоюз	Механизм защиты внутренних рынков при помощи цен, в рамках которого реализуется единая сельскохозяйственная политика (таможенные пошлины и компенсационные платежи, призванные выровнять разницу между высокими внутренними и низкими мировыми ценами) Развитие сельских территорий (социальное развитие территорий, развитие сельскохозяйственного производства, домашних хозяйств населения) Прямая поддержка аграрного маркетинга
США	Федеральное страхование фермеров Предоставление субсидий (прямых, контр-циклических, «выплат за утрату рынков») Реализация государственных программ поддержания цен на сельскохозяйственные товары и доходы, организация государственной инспекции и системы общенациональных стандартов Стимулирование экспорта сельскохозяйственной продукции
Япония	Повышение качества продукции Мероприятия по снижению уровня химизации сельскохозяйственного производства Система поощрению развития так называемого «органического» сельского хозяйства, создания эко-ферм Система обязательной подробной маркировки продуктов питания, в том числе импортируемых Контроль за качеством импортной продукции, в том числе генетически модифицированной, на предмет ее соответствия санитарным нормам Пропаганда «японского типа питания», направленная на увеличение потребления отечественной продукции

1	2
Китай	Прямые платежи и субсидии Налоговая политика Совершенствование рыночной инфраструктуры Инвестиции в развитие сельской инфраструктуры Кредитование сельских товаропроизводителей Охрана земель Поддержка научно-исследовательской деятельности в сельском хозяйстве Обеспечение экологической безопасности продуктов питания Ценовая поддержка
Германия	Аграрные дотации, в состав которых входят: 1) платежи за готовую продукцию, поскольку объем производства сельскохозяйственной продукции ограничен квотами, устанавливаемыми в целях недопущения перенасыщения рынка; 2) платежи, компенсирующие затраты на инвестиции (например, кредиты на приобретение основных фондов, высокопродуктивного скота и новых сортов семян), проценты по кредитам, на оплату горюче-смазочных материалов; 3) компенсационные платежи за земли, выводимые из сельскохозяйственного оборота, а также за ресурсосберегающие мероприятия.

Политика внутренней поддержки сельского хозяйства ЕС, США, Японии и Китая способствует обеспечению продовольственной безопасности стран на должном уровне, повышению внутреннего спроса, сохранению социальной стабильности общества за счет роста качества и конкурентоспособности продукции агросферы как на внутреннем, так и на внешнем рынке, расширению ее ассортимента в соответствии со спросом населения.

В современных условиях необходимость государственного воздействия в сфере зернового производства на территории региона обусловлена следующими причинами:

- социальной значимостью рынка зерна;
- незащищенностью сельскохозяйственных товаропроизводителей перед предприятиями отраслей, снабжающих сельское хозяйство и другие сферы комплекса средствами производства, сельское строительство и др. и отраслей, осуществляющими заготовку, транспортировку, переработку, хранение и сбыт конечной продукции комплекса сфер агропромышленного комплекса вследствие возросшего диспаритета цен; возникновением неравновесных ситуаций в результате монополистического поведения тех или иных субъектов данного рынка, в которых рыночный механизм дает сбой;
- снижения рентабельности производства зерна;
- усиливающегося влияния конъюнктуры мирового рынка и роста доли импортной мясной и молочной продукции, что приводит к сокращению потребности в фуражном зерне;
- возрастающей роли посреднических организаций, действующих посредством теневых отношений; неразвитости соответствующей инфраструктуры рынка зерна [10, 14].

Выявленные проблемы агроперерабатывающих производств позволяют с уверенностью говорить о необходимости введения государственного регулирования рынка зерна и продуктов его переработки с учетом их отраслевой специфики и возможности эффективного управления рисками перерабатывающих предприятий [3]. На наш взгляд, государственное регулирование рынка зерна и продуктов его переработки играет важную роль в процессах минимизации рисков предпринимательской деятельности, поскольку является мощным рычагом проведения экономической и финансовой политики.

Важнейшими институциональными факторами инновационного развития агропродовольственного комплекса в современных условиях являются создание и совершенствование нормативно-правового обеспечения инновационной деятельности АПК и инновационной инфраструктуры, позволяющих обеспечивать информационное, экспертное, маркетинговое, финансовое, кадровое и иное обслуживание инновационной деятельности [1].

Как показывает мировой опыт, доля высокотехнологичной продукции, поставляемой на мировые рынки, напрямую зависит от развитости инфраструктуры. Отсутствие рыночной инфраструктуры и трудности сбыта, связанные с низкими закупочными ценами, запретами на вывоз продукции, монополизмом переработчиков, приводят к тому, что многие производители организуют переработку сырья непосредственно в хозяйстве и реализуют уже готовую продукцию [2].

Повышение эффективности организационно-технического уровня предприятий напрямую зависит от реализации инновационной направленности развития регионов и отраслей: повышение эргономичности производства, внедрение ресурсосберегающих техноло-

гий и экологических стандартов, рост профессионального уровня кадров является прямым следствием развития экономики и приводит не только к минимизации рисков, но и к росту конкурентоспособности на всех уровнях [13].

Долгосрочное инновационное развитие предполагает движение в направлении социальной ответственности (создание новых рабочих мест, повышение уровня жизни населения, поддержание экологического равновесия вследствие модернизации производства и проведения природоохранных мероприятий, повышение образовательного и культурного уровня, снижение социальной напряженности), которая не только создает положительный имидж компании, но и снижает операционные

риски, расширяет рынок сбыта, улучшает инвестиционный климат [8].

Особенно актуальной реализация данных направлений снижения рисков предпринимательской деятельности становится в условиях функционирования России в ВТО [6].

В рамках рассматриваемой темы, на взгляд автора, целесообразно рассмотреть и функциональные зависимости, накладываемые внешней рыночной средой (внешние факторы) осуществляемой региональной политики в области продовольственной безопасности во взаимосвязи с ключевыми функциями Департамента аграрной политики Воронежской области (рисунок 1).

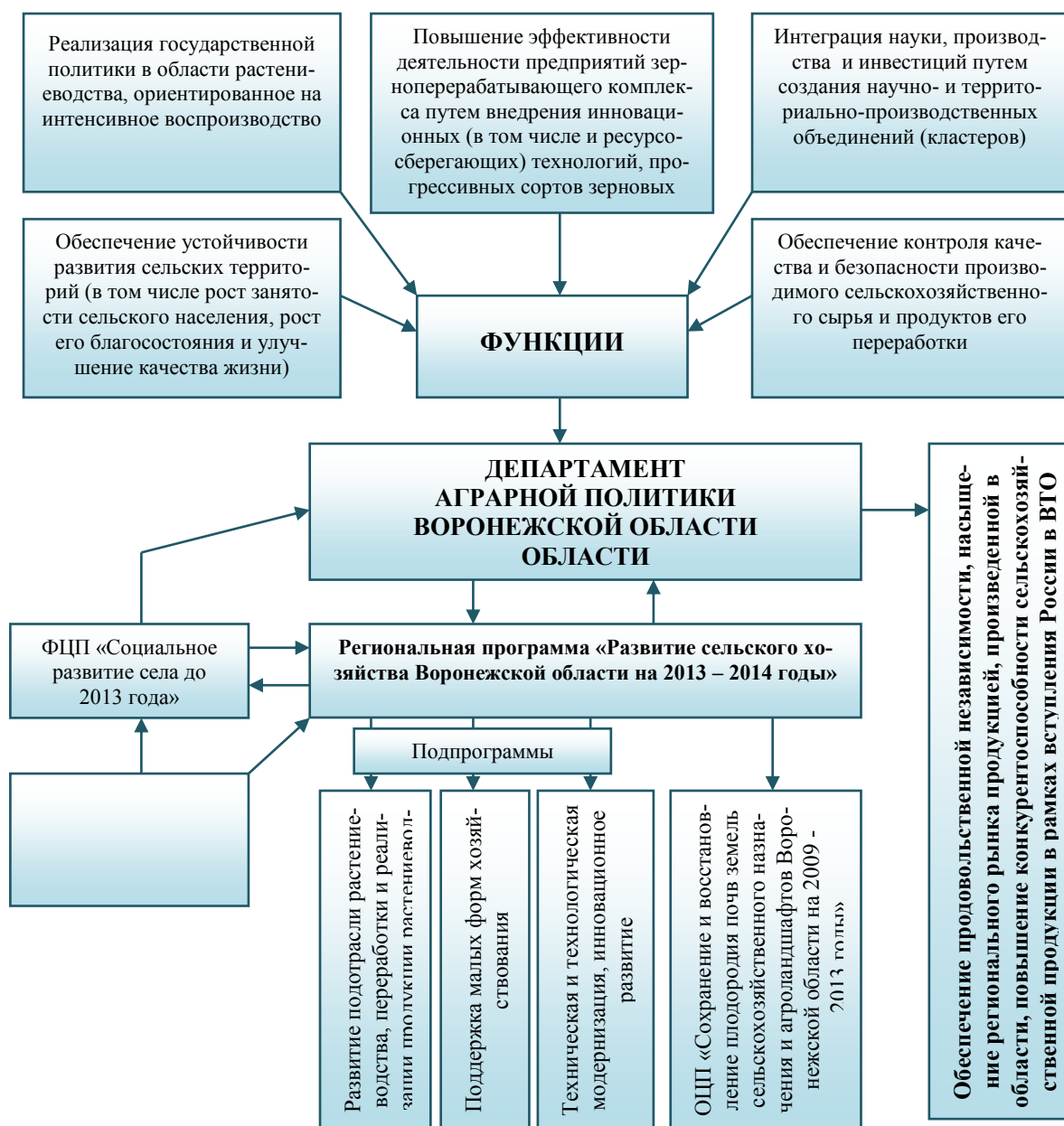


Рисунок 1. Особенности региональной политики в области производственной безопасности

Такой интерес обусловлен рядом факторов: во-первых, фундаментальным характером рассматриваемой отрасли для экономики государства; во-вторых, направленностью региональных программ развития сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности, что может свидетельствовать о системности или непоследовательности реализуемого комплекса мероприятий [7].

Следует отметить, что функциональная составляющая полностью увязывается с комплексом разрабатываемых и реализуемых мероприятий и соответствует исходным положениям продовольственной безопасности в условиях неопределенности среды, вызванной вступлением и функционированием России в рамках ВТО. Однако, на взгляд автора, реализуемые программы являются краткосрочными, что не позволяет обеспечить достаточного комплексного воздействия на отрасль. Введение долго- и среднесрочных горизонтов планирования позволило бы обеспечить более комплексный характер оказываемой помощи и создать условия для эффективного развития сельского хозяйства в целом и зернопроизводства, в частности [9].

Оценка стратегического положения и перспектив организации часто осуществляется на основе SWOT-анализа, позволяющего сопоставить сильные и слабые стороны предприятия с возможностями и угрозами внешней среды, определить конкурентные позиции и потенциал организации. Возникающие угрозы необходимо преодолевать, поэтому актуальной становится переориентация методов управления развитием предприятия и переноса акцентов менеджмента с уже достигнутых результатов, освоенных товаров и используемых технологий (внутренние факторы) на изучение ограничений, накладываемых внешней рыночной средой (внешние факторы).

На наш взгляд, матрица SWOT-анализа представляет собой удобный инструмент структурного описания стратегических характеристик среды и предприятия. При построении матрицы применяется так называемая дихотометрическая процедура, т.е. представление элементов матрицы в виде «дихотометрической пары» (пар взаи-

моисключающих друг друга признаков). Это позволяет снизить неопределенность (энтропию) взаимодействия среды и системы за счет более развернутого описания ситуации.

Результаты проведенного SWOT-анализа позволяют констатировать, что важнейшими направлениями повышения конкурентоспособности предприятия в условиях вступления ВТО должны стать реконструкция и обновление производственных мощностей, повышение уровня рационального использования топлива и энергии за счет широкого использования энергоэффективных технологий и оборудования, развитие персонала, что в перспективе может привести к росту эффективности и качества ведения технологического процесса, повышению инновационного потенциала, оптимизации уровня затрат и цен реализации, решению вопросов обеспечения безопасности производства, увеличению сохранности продукции и материальных средств [11].

Активное развитие интеграционных процессов на территории Воронежской области создает условия для достижения и удержания конкурентных позиций на рынке, что достигается с помощью решения следующих задач: объединение ресурсов (интеллектуальных, технологических, финансовых, маркетинговых) для достижения синергетического эффекта и диверсификации деятельности; оптимизация расходов на НИОКР, организация технологического процесса, совершенствование корпоративного управления, продвижение и поддержка товара для достижения максимальной экономии и повышения рентабельности бизнеса; минимизация коммерческих рисков путем получения гарантированного доступа на целевые рынки [12].

Проведенное исследование подтверждает, что в последнее время сильные стороны предприятия помогают ему справиться с влиянием дестабилизирующих факторов. Однако, учитывая усиление действующих на предприятие рисков, на первое место выходит необходимость внедрения системы управления рисками с целью минимизации и более полного использования имеющихся возможностей и конкурентного потенциала предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1 Gryshchenko N.V., Serebryakova N.A., Syroizhko V.V. Methodology of cost management business organization in conditions of instability // Sustainable economic development of regions by L. Shlossman. Vienna, 2015. P. 14-26.

2 Богомолова И.П., Ульченко Т.Ю. Управление рисками в условиях негативного влияния внешней среды // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2014. № 4 (9). С. 139.

3 Богомолова И.П., Ульченко Т.Ю., Серебрякова Н.А. Механизм управления рисками зерноперерабатывающих предприятий // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2013. № 4 (58). С. 246-251.

4 Иванова В. Н. и др. Технологические платформы – поиск современных форм привлечения бизнеса к инновационному развитию отраслей пищевой промышленности // Пищевая промышленность. 2013. № 4.

5 Семененко С.В., Серебрякова Н.А. Разработка модели процесса поиска и выбора консультанта и развития организационного оформления центров управленческого консультирования // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2012. № 3. С. 149-155.

6 Серебрякова Н.А. Концептуальные основы организации и осуществления управленческого консультирования для обеспечения эффективности менеджмента организации // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. 2013. № 5. С. 37-48.

7 Серебрякова Н.А. Маркетинговый инструментарий в сфере услуг (часть 1) // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. 2012. Т.1. № 5-1. С. 71-85.

8 Серебрякова Н.А. Методический подход к развитию управленческого консультирования // Вестник Донского государственного технического университета. 2012. Т. 12. № 5 (66). С. 150-155.

9 Серебрякова Н.А., Пахомова Т.А. Мониторинг инновационной и инвестиционной деятельности хозяйственных систем // Теоретические и прикладные вопросы экономики и сферы услуг. 2014. № 2. С. 27-42.

10 Труфанова С. В. Рынок зерна: его формирование и развитие в регионе : автореф. дисс. ... канд. экон. наук. Улан-Удэ, 2010. 23 с.

11 Ульченко Т.Ю. Роль маркетинговых исследований в оценке рынка зерна // Экономика и предпринимательство. 2013. № 12-1 (41-1). С. 852-854.

12 Ульченко Т.Ю., Панкова Н.М. Инструменты анализа и управления рисками деятельности предприятий пищевой промышленности // Молодой ученый. 2015. № 7-3 (87). С. 78-83.

13 Чешинский Л. С. Условия, обеспечивающие экономический рост // Хлебопечение России. 1999. № 4.

14 Коваленко Е. Г., Полушкина Т. М., Якимова О. Ю. и др. Эффективность государственной поддержки развития аграрной сферы экономики: монография. Саранск : Изд-во Морд. Ун-та, 2009. 192 с.

REFERENCES

1 Gryshchenko N.V., Serebryakova N.A., Syroizhko V.V. Methodology of cost management business organization in conditions of instability. Sustainable economic development of regions by L. Shlossman. Vienna, 2015. pp. 14-26.

2 Bogomolova I.P., Ulchenko T.Yu. Risk management in the conditions of the negative influence of the environment. Economy. Innovation. Quality control, 2014, no. 4 (9), pp. 139. (In Russ.).

3 Bogomolov I.P., Ulchenko T.Yu., Serebryakova N.A. The mechanism of risk management of grain processing enterprises. Herald of the Voronezh State University of Engineering Technology, 2013, no. 4 (58), pp. 246-251. (In Russ.).

4 Ivanova V.N. et al. Technology platforms - search for modern forms of attracting business to the innovative development of the food industry. Food Industry, 2013, no. 4. (In Russ.).

5 Semenenko S.V., Serebryakova N.A. Developing a model of search and selection of a consultant and institutionalization of the centers of management consulting. Herald Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, 2012, no. 3, pp. 149-155. (In Russ.).

6 Serebryakova N.A. Conceptual bases of the organization and implementation of management consulting for the effectiveness of the organization's management. Theoretical and applied issues of the economy and services, 2013, no. 5, pp. 37-48. (In Russ.).

7 Serebryakova N.A. Marketing tools in the service sector (part 1). Theoretical and applied questions of the economy and services, 2012, vol. 1, no. 5-1, pp. 71-85. (In Russ.).

8 Serebryakova N.A. The methodical approach to the development of management consulting. Herald Don State Technical University, 2012, vol. 12, no. 5 (66), pp. 150-155. (In Russ.).

9 Serebryakova N.A., Pakhomova T.A. Monitoring innovation and investment economic systems. Theoretical and applied issues of the economy and services, 2014, no. 2, pp. 27-42. (In Russ.).

10 Trufanova S.V. Grain market: its formation and development in the region. Abstr. diss. ... cand. econ. sci. Ulan-Ude, 2010. 23 p. (In Russ.).

11 Ulchenko T.Yu. The role of marketing research in the evaluation of the grain market. Economics and Entrepreneurship, 2013, no. 12-1 (41-1), pp. 852-854. (In Russ.).

12 Ulchenko T.Yu, Pankov N.M. Tools of analysis and risk management activities of the food industry. Young scientist, 2015, no. 7-3 (87), pp. 78-83. (In Russ.).

13 Cheshinskii L.S. Conditions ensuring economic growth. Bakery Russia, 1999, no. 4. (In Russ.).

14 Kovalenko E.G., Polushkina T.M., Yakimova O.Yu. et al. Efficiency of state support of the agrarian sector of the economy: a monograph. Saransk Univ Mord. University Press, 2009. 192 p. (In Russ.).

УДК 338.242

Профессор Ю.П. Анисимов, профессор Ю.В. Журавлев,
доцент И.В. Кукова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра туризма и гостиничного дела.

тел. (473) 255-27-10

E-mail: iris1982@yandex.ru

Professor Yu.P. Anisimov, professor Yu.V. Zhuravlev,
associate Professor I. V. Kuksova

(Voronezh state university of engineering technologies)

Department of tourism and hotel management.

phone (473) 255-27-10

E-mail: iris1982@yandex.ru

Роль инновационного потенциала в системе управления экономической безопасностью предприятий

The role of the innovation potential in the management system of economic security of enterprises

Реферат. В статье рассматривается проблема исследования теоретических основ инновационного потенциала предприятия и его роль для устойчивого развития экономической безопасности. Актуальность проблемы устойчивого развития инновационного потенциала, невысокий уровень теоретической и практической разработанности, неразвитая методологическая и концептуальная основа развития экономической безопасности, повышающая конкурентоспособность и укрепляющих рыночное положение предприятий, определили выбор темы исследования. Научное осознание ключевых проблем экономики предприятий предопределило значимость темы исследования, актуальность которого определяется потребностью в новых теоретических положениях, научно-методических разработках и практических рекомендациях по роли инновационного потенциала в системе управления экономической безопасностью предприятий. Система управления экономической безопасностью является базой успешного функционирования и развития предприятий. В рыночных условиях обеспечение экономической безопасности организации непосредственно определяется внедрением нововведений в производственный процесс, что является эффективным средством повышения конкурентоспособности, улучшение качества продукции. Инновационный потенциал предприятий состоит из уникальных способностей увеличивать такие составляющие как материальные и инвестиционные, информационные, кадровые, что поможет организации достичь новых стратегических целей. Следует отметить, что не вся продукция, предлагаемая организациями на существующем рынке, формирует потенциал, а лишь та, которая потенциально рентабельна. То есть продукция, созданная на базе инновационных технологий, отличается высокими качественными характеристиками и должна пользоваться высоким спросом у конечных потребителей. Политика экономической безопасности представляет собой систему взглядов, различных мер, способов решений, конкретных действий в области экономической безопасности, которые определяют условия для достижения поставленных целей бизнеса. Таким образом, реализуемая политика безопасности выделяет организации осуществлять хозяйственную деятельность, выпускать конкурентоспособную продукцию, увеличивать эффективность производства, осуществлять корректную сбытовую деятельность, получать высокую прибыль.

Summary. The article explores the theoretical foundations of innovative potential of the enterprise and its role for sustainable development and economic security. The urgency of the problem of sustainable development innovative capacity, low level of theoretical and practical elaboration, poor methodological and conceptual basis for the development of economic security, increasing competitiveness and strengthening market situation of enterprises, determined the choice of the research topic. Scientific awareness of the key problems of the economy determined the significance of the research topic, the relevance of which is determined by the need for new theoretical concepts, methodological developments and practical recommendations on the role of innovation potential in the management system of economic security of enterprises. The system of economic security management is the basis of the successful functioning and development of enterprises. In market conditions, the economic security of organizations is directly outside-the implementation of innovations into the production process, which is an effective means of increasing competitiveness, improving the quality of products. The innovative capacity of enterprises consists of a unique ability to increase such components as material and investment, information, personnel that will help the organization to achieve new strategic goals. It should be noted that not all products are offered by organizations on the existing market, generates potential, but only one that is potentially profitable. That is, the products created on the basis of innovative technologies, from-while a high quality and should demand amongst consumers. Economic security policy is a system of views, different measures, methods of solutions, specific actions in the area of economic security, which determine the conditions for achieving business goals. Thus, the implemented security policy allocates the organization to carry out economic activity, to produce competitive products, increase production efficiency, to make a valid sales activities, to obtain high profits.

Ключевые слова: инновационный потенциал, устойчивое развитие, экономическая безопасность, инновационная активность, конкурентоспособность, инновационная направленность организации.

Keywords: innovation, sustainable development, economic security, innovation activity, competitiveness, innovative nature of the organization.

Система управления экономической безопасностью является базой успешного функционирования и развития предприятий. В рыночных условиях обеспечение экономической безопасности организации непосредственно определяется внедрением нововведений в производственный процесс, что является эффективным средством повышения конкурентоспособности, улучшения качества продукции.

В статье авторами ставится проблема исследования теоретических основ инновационного потенциала предприятия и его роль для устойчивого развития экономической безопасности, поэтому рассмотрим более подробно сущность и содержание инновационных возможностей предприятий. Многообразие терминов инновационных возможностей предприятия вызвано неоднозначным пониманием данного определения специалистами и нехваткой методологической информации в данной области.

Доказывать сущность термина «инновационный потенциал» можно с помощью его ключевых составляющих. Термин «потенциал» образуется от латинского слова «*potentia*», которое обозначает силу, некую возможность, существующую в закрытом виде и способную организоваться при благоприятных и не благоприятных условиях. В теории понятие «потенциал» образует ключевую величину потенциальной энергии в конкретной точке обстоятельств. При этом базис потенциальной энергии – это резерв существующей энергии, которым механизм располагает во время своего развития, или энергия для связи элементов системы, выделяемая для расположения в конкретном периоде. В широком виде потенциал – это обобщенная взаимосвязь ключевых факторов, находящиеся в наличии, которые могут быть использованы в действительности для достижения конечной цели и финансового результата [1].

Инновация – результирующий показатель научной деятельности, представленная в виде новой продукции, внедренной на рынок, результат инновационного технологического процесса, реализуемый в хозяйственной деятельности. Таким образом, определение «инновационный потенциал» можно представить как востребованную способность к отражению определенного порядка вещей в инновационную концепцию для удовлетворения существующих или вновь образующих нужд (субъекта-инноватора, доли рынка, нового потребителя и др.). При этом использование инновационного потенциала дает возможность перехода к конкретным действиям, то есть к новому состоянию от традиционного.

Необходимо изучить другие классификации определения инновационного потенциала предприятий. Некоторые специалисты считают, что инновационный потенциал предприятий представляет некую совокупность научно-технических, правовых, технологических, финансовых, социокультурных, инфраструктурных, других составляющих, и определяют обоснованность продвижения инноваций, т.е. создание новшеств, формирующих единообразную концепцию долгосрочного развития предприятия. В то же время это некоторая способность фирмы реализовывать конкретный инновационный план действий, ориентированный на устойчивое развитие новых технологий.

Мы выделили некоторые понятия инновационного потенциала предприятий. Обоснованные понятия не отражают все его характерные особенности, а лишь некоторые структурно обоснованные составляющие. В результате этого сильно отличаются существующие подходы к формированию понятия инновационного потенциала предприятий.

При изучении существующих в науке определений, подходов и терминов в характеристике инновационного потенциала предприятий определили, что большинство существующих терминов следует поделить на три укрупненные группы — комплексная, ресурсная и результативная.

Инновационный потенциал предприятий состоит из уникальных способностей увеличивать такие составляющие как материальные и инвестиционные, информационные, кадровые, что поможет организации достичь новых стратегических целей. Следует отметить, что не вся продукция, предлагаемая организациями на существующем рынке, формирует их потенциал, а лишь та, которая потенциально рентабельна. То есть продукция, созданная на базе инновационных технологий, отличается высокими качественными характеристиками и должна пользоваться спросом у конечных потребителей.

При обосновании содержания инновационного потенциала предприятий необходимо учитывать, что он связан с обязательным внедрением в производство инновационных идей и технологий, организационно-управленческих ключевых решений.

Авторы понимают под сущностью инновационного потенциала предприятий внутреннюю характеристику инновационных возможностей, выраженную в координировании оценок и критериев, обосновывающих собой механизм, отражающий взаимозависимость инновационных ключевых ресурсов, направленных на развитие экономики организации в целом [1].

Характеристика содержания инновационного потенциала предприятий представляет собой совокупность потенциалосоздающих компонентов, внутреннего процесса, различных свойств, ключевых противоречий, тенденций и взаимосвязей, формирующих конкурентоспособность инновационной продукции за отчетный период времени при воздействии различных условий.

Нововведения служат основой для повышения конкурентоспособности, что является определяющим условием обеспечения экономической безопасности предприятия.

Термин экономическая безопасность предприятий имеет несколько черт, отражающих в целом безопасность как универсальную категорию биологических, природных и общественных подсистем. Нужда в безопасности, в защищенности от нежелательных влияний внешних разрушений и внутренних преобразований в жизни каждого человека, различных людей, включая организацию, некое общество и отдельное государство, относится к основным потребностям. Согласно экономическим преобразованиям уровень безопасности существенно уменьшился, разрушительные последствия осознали на себе как физические лица, так и юридические.

Под экономической безопасностью предприятий авторы понимают некое состояние предприятия, при котором существует вероятность нежелательного соотношения (уменьшение или увеличение) каких-либо его характеристик. Выделяют цели экономической безопасности предприятий: предотвращение возможного урона его хозяйственной деятельности; защита интеллектуальных прав предприятий; защита и корректное использование материального, финансового и информационного потенциала; возможная минимизация отрицательных последствий чрезвычайных критических ситуаций.

Из-за необходимости достижения ключевых целей при создании экономической безопасности предприятий формируются важные

задачи, решаемые подсистемой обеспечения экономической безопасности [3]:

- мониторинг возможностей защищенности от внутренних и внешних угроз окружающей среды;
- определение различных условий, способствующих нанесению ущерба имиджа предприятия, материального, финансового урона, нарушению его устойчивого функционирования и роста;
- разработка структурированных управленческих решений по вопросам стратегической и тактической устойчивой экономической деятельности;
- исследование партнеров, контрагентов и конкурентов;
- формирование благоприятных условий для возмещения урона, уменьшение негативных последствий, образовавшихся при нарушении экономической безопасности;
- диагностика и прогнозирование информации, характеризующей состояние подсистемы экономической безопасности, контроль за эффективным ее функционированием.

Политика экономической безопасности представляет собой систему взглядов, различных мер, способов решений, конкретных действий в области экономической безопасности, которые определяют условия для достижения поставленных целей бизнеса. Таким образом, реализуемая политика безопасности организации должна осуществлять хозяйственную деятельность, выпускать конкурентоспособную продукцию, увеличивать эффективность производства, осуществлять корректную сбытовую деятельность, получать высокую прибыль.

Трифилова А.А. отражает четыре вида инновационного потенциала предприятий в зависимости от финансовых затрат, в таблице 1 соответственно рассматривается формирование уровня экономической безопасности [4].

Т а б л и ц а 1

Зависимость уровней экономической безопасности от типа инновационного потенциала

Инновационный потенциал	Характеристика	Уровень экономической безопасности
Низкий уровень развития потенциала	Дефицит или отсутствие источников создания затрат	Критический. «Гибель» организации
Удовлетворительный уровень развития потенциала	Удовлетворительная обеспеченность средствами. Для реализации инновационного пути требуется привлечение дополнительных инвестиционных ресурсов из внешних источников	Низкий. Большая вероятность потери потребителей, опережения конкурентами и т.д.
Средний уровень развития потенциала	Нормальная обеспеченность необходимыми средствами. Для вовлечения новых технологий в оборот необходимо использовать небольшой объем заемных ресурсов	Средний. Имеется небольшой запас финансовых средств
Высокий уровень развития потенциала	Высокая обеспеченность собственными средствами. Реализацию инновационных путей можно осуществлять без заемных ресурсов	Высокий. Стабильность, готовность персонала, технологий, производства к изменениям. Достаточный уровень финансовой устойчивости

Инновационная стратегия предприятий позволит сформировать и укрепить деловые отношения окружающей среде. Появление надежных постоянных контрагентов позволит приобретению организации рентабельных рыночных позиций, что станет гарантом стабильности его работы [5].

Инновационный потенциал должен сыграть свою роль в повышении уровня деловой активности предприятия, что позволит обеспечить им такие привилегии, как доступность кредитных средств и налогового кредита, а также огромная вероятность заключения выгодных

контрактов. Что, несомненно, увеличит уровень экономической безопасности организации.

Появление новой продукции, положительно скажется на увеличении финансовой прочности организации за счет расширения сегментов рынка сбыта и формирования деловых связей, что станет страховым заделом, наличие которого является обязательным фактором экономической безопасности.

Таким образом, инновационная направленность организаций в настоящее время выступает ключевым инструментом устойчивости и экономической безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Анисимов Ю.П., Журавлев Ю.В., Балабанова Л.И., Куксова И.В. Благоприятные условия продвижения продуктовых инноваций: монография. Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГУИТ, 2012. 360 с.

2 Куксова И.В. Условия устойчивого развития инновационного потенциала предприятий: монография. Воронеж: ФГБОУ ВПО ВГУИТ, 2013. 408 с.

3 Анисимов Ю.П., Журавлев Ю.В., Горин С.В. Гармонизация деятельности предприятия: монография. Воронеж: ВГТА, 2003. 304 с.

4 Трифилова А.А. Управление инновационным развитием предприятия // Финансы и статистика. 2003. С 173.

5 Серебрякова Н.А., Симонова Е.В. Направления совершенствования конкурентной политики на основе развития контрактных форм совместной деятельности малого и крупного бизнеса // Вестник ВГУИТ. 2014. № 4. С. 231-236.

REFERENCES

1 Anisimov Yu.P., Zhuravlev Yu.V., Balabanova L.I., Kuksova I.V. Blagopriyatnye usloviya prodvizheniya [Favorable conditions for the promotion of product innovations: the monograph]. Voronezh, VGUIT, 2012. 360 p. (In Russ.).

2 Kuksova I.V. Usloviya ustoichivogo razvitiya [Conditions for sustainable development of the innovative potential of enterprises: the monograph]. Voronezh, VGUIT, 2013. 408 p. (In Russ.).

3 Anisimov Yu.P., Zhuravlev Yu.V., Gorin S.V. Garmonizatsiya deyatel'nosti [Harmonization of the activities of enterprises: monograph]. Voronezh, VGTA, 2003. 304 p. (In Russ.).

4 Trifilova A.A. Management of innovative development of the enterprise. *Finansy i statistika*. [Financial and statistics], 2003, pp. 173. (In Russ.).

5 Serebriakova N.A., Simonova E.V. Directions for improvement of the competitor-based policy development contractual forms of joint activity of small and large of business. *Vestnik VGUIT*. [Bulletin of VSUET], 2014, no. 4, pp. 231-236. (In Russ.).

УДК 519.856

Профессор Л.Е. Мистров, доцент В.А. Павлов

(Центральный филиал ФГБОУ ВО «РГУП», ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»)

E-mail: mistrov_le@mail.ru

доцент А.А. Дерканосова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра сервиса и ресторанного бизнеса

E-mail: aa-derk@yandex.ru

Метод обоснования способов применения комплексов технических средств информационного обеспечения конфликтного взаимодействия организационно-технических систем

Method of justification of methods of application of complexes of technical means of information support of conflict interaction of organizational and technical systems

Реферат. Предлагается метод обоснования способов применения комплексов технических средств информационного обеспечения конфликтного взаимодействия организационно-технических систем на основе решения оптимизационной задачи распределения дискретного ресурса технических средств измерения, извлечения, искажения и разрушения информации. Метод базируется на методах ветвей и границ, последовательного распределения единиц ресурса, нормативного планирования и максимального элемента. Предложенный метод обеспечивает реализацию оптимальных способов координированного применения комплекса индивидуальной информационной безопасности и комплекса групповой информационной безопасности в составе комплекса технических средств для обеспечения действий одиночных и групп элементов объектов организационно-технических систем и обоснования основных требований к её системе управления, реализующей эти способы в динамике конфликта.

Summary. The method of justification of methods of application of complexes of technical means of information support of conflict interaction of organizational and technical systems on the basis of the solution of an optimizing problem of distribution of a discrete resource of technical means of measurement, extraction, distortion and destruction of information is offered. The method is based on methods of branches and borders, consecutive distribution of units of a resource, standard planning and the maximum element. The proposed method provides an implementation of the optimal methods for coordinated implementation of the set of individual information security and complex group of information security within the complex of technical means for operations of single and groups of elements of objects of technical means and justification of the basic requirements to the management system that implements these methods in the dynamics of the conflict.

Ключевые слова: организационно-техническая система, конфликт, комплекс технических средств, метод, показатель эффективности, способ, комплекс информационной безопасности, моделирование

Keywords: organizational and technical system, conflict, complex of technical means, method, efficiency indicator, way, complex of information security, modeling

Для реализации значимых социально-экономических задач созданы и применяются различного уровня ОТС, структура которых в настоящее время включает элементы управления (ЭУ), сбора информации (ЭДИ), обеспечивающие и исполнительные элементы (ОЭ, ИЭ). Их применение осуществляется в условиях конкуренции, характеризующейся конфликтом типа “соперничество” с одной или несколькими системами за владение находящимися в сфере их интересов ресурсами. Исходя из этого, ОТС для реализации своей целевой функции вынуждена решать задачи по нейтрализации действий конкурирующих ОТС (для определенности, ОТС $\{B\}$) в активной фазе конфликте ведением оборонительных дей-

ствий. Вследствие превращения в настоящее время ОТС $\{B\}$ в технически оснащенные системы с разветвленной сетью источников информации и адаптивными системами управления к возможным стратегиям действий ОТС это обуславливает необходимость применения в составе ОТС конфликтно-разрешающих структур в виде комплексов технических средств информационного обеспечения, служб, отделов, информационно-аналитических процедур или информационно-аналитической деятельности (КТС), имеющих целью обеспечить ее функционирование с заданной эффективностью.

Основой применения ОТС является информация, получаемая путем анализа и обобщения имеющейся априорной информации, данных бизнес-разведки, из сети Интернет, средств массовой информации и т.п., а также от различного типа информационных средств (ИС). Вследствие иерархичности построения ОТС управление её элементами в различных формах действий осуществляется на основе контуров: сбора информации для вскрытия элементов ОТС $\{B\}$; управление различного уровня группами ИЭ при решении целевых задач в условиях активного / информационного воздействия элементов ОТС $\{B\}$; непосредственного управления ИЭ; функционирования отдельных ИС добывания информации и управления элементами ОТС. Целевой функцией применения ОТС является выполнение поставленных задач в проводимой финансово-экономической операции, достигаемой различными методами и средствами.

Обоснование способов применения КТС информационного обеспечения эффективных действий ОТС для нейтрализации действий ОТС $\{B\}$ представляет сложную научную задачу, решение которой в зависимости от уровня и предназначения её элементов может осуществляется с использованием различных математических методов. ОТС $\{B\}$ фактически являются механизмом, посредством которого оптимизацией параметров внешних и внутренних контуров управления, достигается взаимодействие: а) различного типа и уровня элементов при решении тех или других задач использования находящихся в сфере их интересов ресурсов и б) сотрудников при реализации своих целевых функций. Так как ОТС $\{B\}$ представляют пространственно-распределенные структуры, состоящие из большого количества разнотипных элементов (структурно, объединенных в различного функционального назначения подсистемы), на этапе активной фазы конфликта их основной режим управления – централизованный, нарушается. Наличие разнотипных подсистем и наличие кумулятивного воздействия ОТС на уязвимые элементы ОТС $\{B\}$ обуславливает переход её в децентрализованный и/или автономный режим функционирования. В них эффективность функционирования ОТС $\{B\}$ реализуется с меньшей эффективностью, обусловленной нарушением временного баланса взаимодействия её элементов: более позднее обнаружение реальной угрозы со стороны ОТС, её распознавание, принятие решения на её парирование на основе распре-

деления ограниченного ресурса ИЭ (подсистем) ведением оборонительных действий. Это, в конечном итоге, переводит ОТС $\{B\}$ в состояние неустойчивого равновесия, обуславливая её стагнацию или формирование новой диссипативной структуры, соответствующей выбранной точке устойчивого равновесия – это происходит в процессе адаптации ее работоспособных элементов к изменившимся условиям внешней среды.

Произошедшие за последние годы в экономике России изменения выявили ряд дискуссионных и актуальных вопросов, носящих теоретический и прикладной характер для обеспечения эффективного применения различного типа и уровня ОТС, что обуславливает поиск новых методов и средств обеспечения их конфликтного устойчивого развития. В условиях широкого использования ОТС $\{B\}$ различного типа информационных средств перспективным направлением обеспечения заданной эффективности выполнения поставленных задач ОТС является разработка и применение методов и средств информационной безопасности (ИБ) [1], структурно входящих в состав КТС. Это и определило целевую направленность и содержание предлагаемой статьи.

Целью применения методов и средств КТС является достижение информационного превосходства системы управления ОТС, обеспечивающей принятие и исполнение ею в реальном масштабе времени решений за счет регулирования потоков информации управления, обмена, целераспределения и др. в различных контурах управления. Эффект КТС заключается в обеспечении заданной эффективности применения ОТС и дезорганизации управления ОТС $\{B\}$ на основе извлечения, измерения разрушения и/или искажения информации в её иерархических уровнях принятия решений, интегрировано проявляющегося в снижении количества и эффективности используемых элементов и системы в целом. Его эффективность пропорциональна уровню технологического развития и масштабам использования различного назначения элементов получения информации в иерархических контурах принятия решений уровня средств, комплексов, технических и организационно-технических систем в структуре ОТС $\{B\}$.

Способы применения ОТС определяют также информационные отношения между конкурирующими КТС, содержание которых состоит в защите информации об облике и способов применения своей системы управления и добывании информации об аналогичных характеристиках ОТС $\{B\}$. Эти отношения определяющим

образом влияют на содержание способов применения КТС, основу которых составляет:

- защита информации в каналах приема и передачи информации;
- защита информации в системе управления ОТС; контроль и управление допуском к средствам, информационным и программно-техническим ресурсам системы; контроль потенциальных угроз и каналов утечки информации; организация технологических процессов защищенной переработки информации и т.п.;
- сбор информации на основе анализа и обобщения информации из различных источников, ведения разведки и информационного мониторинга об облике и возможных способах применения ОТС $\{B\}$;
- информационное воздействие за счет разрушения/искажения информации в каналах передачи; ведения различными способами дезинформации для нарушения процессов функционирования контуров управления ОТС $\{B\}$.

Методы и средства КТС, исходя из наличия в составе ОТС $\{B\}$ организационно-технических и технических элементов, основываются на различного рода способах и средствах дезинформации, активного и информационного разрушающего/искажающего воздействия, ложных целях, средствах снижения заметности и т.п. Средства КТС структурно объединяются в комплексы индивидуальной и групповой ИБ (КИИБ, КГИБ), предназначенные для обеспечения эффективных действий одиночных и групп элементов ОТС. Методы и средств КТС применяются избирательно на различных этапах выполнения ОТС поставленной задачи путем “навязывания” ОТС $\{B\}$ информации, обуславливающей выбор ею решений, приводящих к снижению эффективности элементов до некоторого минимального уровня. Комплексное применение методов и средств КТС оказывает определяющую роль на обоснование стратегий действий ОТС $\{B\}$ с учетом предыстории стратегий их поведения в прошлом, современных условиях и прогноза поведения в будущем с учетом мотиваций, определяющих целью применения ОТС. Оно приводит к изменению в желаемую сторону исходных данных, используемых ОТС $\{B\}$ при выборе стратегий поведения, их дезинформации, конструирования на основе различных видов разрушающего / искажающего информационного воздействия исходной обстановки, представления ложных направлений изменения информационно-целевой обстановки, обеспечения перехода к менее эффективным методам принятия решения и снижения эф-

фективности функционирования контуров управления элементами и ОТС $\{B\}$ в целом.

Исходя из возможных способов применения элементов КТС для информационного обеспечения действий ОТС могут использоваться методы индивидуальной и групповой (объектовой) ИБ [2], отличающиеся друг от друга характеристиками средств ИБ, объектами защиты и информационного воздействия, а также способами применения. Определяющей характеристикой методов ИБ являются пространственно-временные размеры защищаемых элементов (объектов) ОТС: для обеспечения действий одиночных элементов используется метод индивидуальной ИБ, а групп элементов (объектов) – метод объектовой ИБ с учетом противодействия отдельных и групп элементов ОТС $\{B\}$.

Основой реализации КТС методов ИБ является применение КИИБ и КГИБ, эффект использования которых состоит в нарушении временного баланса управления ОТС $\{B\}$, начиная с этапа сбора информации и заканчивая этапом применения ИЭ. Нарушение временного баланса осуществляется за счет информационного воздействия КИИБ и КГИБ на наиболее важные (“опасные”) элементы ОТС $\{B\}$, приводя к искажению/разрушению информации, задержке в принятии решения или принятии ошибочного, неадекватного реальной обстановке решения, а также снижение эффективности применения ИЭ.

Принятие решений КТС по управлению ограниченным ресурсом средств ИБ базируется на добывании, анализе и обобщении информации с принятием на её основе решений по распределению ресурса КГИБ (при условии оптимального использования КИИБ для обеспечения действий одиночных ИЭ) для информационного воздействия на элементы ОТС $\{B\}$ на наиболее важных направлениях (районах) действий групп ИЭ ОТС $\{B\}$. Решение данной задачи базируется на обосновании способов применения КТС, основу которых составляет решение двух оптимизационных задач:

а) распределение ресурса КГИБ и входящих в их состав средств групповой информационной безопасности (СГБ) по разнотипным объектам (в виде совокупности групп ИЭ) защиты в различных вариантах действий – одиночных или групповых (ОД, ГД) в условиях конкурентного противодействия;

б) определение оптимального распределения внутреннего ресурса (энергопотенциалов и количества СГБ) КГИБ по объектам воздействия в заданных участках диапазона условий применения (ДУП) и по рубежам применения средств ИЭ и ОЭ ОТС $\{B\}$.

При решении данной задачи предполагаются заданными:

1) условия проведения ГД силами и средствами ОТС и состав ЭДИ, ЭУ силами и средствами ОТС $\{B\}$;

2) $\|K_l\|_L$, K_l – количество обеспечиваемых l -го типа, $l=1, \dots, L$ (в виде совокупности ИЭ, пунктов управления, различного рода площадок и т.п.) объектов ОТС;

$\|N_i^l\|_L$, N_i^l – количество i -го типа, $i=1, \dots, I_l$ элементов в составе каждого обеспечиваемого l -го типа объекта ОТС;

$\|R_j^l\|_{J_l}$, R_j^l – заданное количество СГБ j -го типа, $j=1, \dots, J_l$ КИГБ, предназначенных для обеспечения применения l -го типа, $l=1, \dots, L$ объекта ОТС;

3) варианты il -ых типов КИИБ элементов ОТС и матрицы значений оценок их эффективности, усредненные по условиям применения различных видов средств воздействия ОТС $\{B\}$ на основе ИЭ – $\|P_i^{l\text{ИБ}}\|$.

Для решения задачи обозначим через $\|r_j^l\|_{J_l}$ матрицу назначения, где r_j^l – количество j -го типа СГБ, предназначенных для обеспечения действий l -го типа группы ИЭ (или предназначенных для использования в составе l -го типа КИИБ). В связи с тем, что в составе ОТС возможно наличие нескольких однотипных объектов (равно K_l), то при распределении ресурсов СГБ j -го типа КИИБ следует рассматривать планы назначения на каждый конкретный k -й, $k=1, \dots, K_l$ объект ОТС, то есть матрицу $\|r_{jk}^l\|_{K_l}$ с учетом относительной “важности” каждого k -го l -го типа объекта.

Тогда задачу распределения заданного ресурса КТС для обеспечения эффективных действий заданного количества объектов ОТС в условиях активного / информационного противодействия ОТС $\{B\}$ можно представить как задачу определения оптимального плана назначения СГБ j -го типа КИИБ ($\|r_{jk}^{*l}\|_{J_l K_l}$), обеспечивающего:

$$\max_{r_{jk}^l} \min_{\beta_k^l} \sum_{k=1}^{K_l} \lambda_k^l \sum_{i=1}^{I_l} \gamma_{ik}^l P_{ik}^{l\text{ГБ}} (\|r_{jk}^l\|, \|\beta_k^l\|), \quad (1)$$

$$\text{при ограничениях} \quad \sum_{k=1}^{K_l} r_{jk}^l = R_j^l; \quad j=1, \dots, J_l; \quad l=1, \dots, L; \quad r_{jk}^l = 0, 1, 2, \dots, \quad (2)$$

где γ_{ik}^l – относительная важность i -го элемента в составе l -го типа объекта ОТС с k -м порядковым номером, $\sum_{k=1}^{K_l} \gamma_{ik}^l = 1$; $i=1, \dots, I_l$; $l=1, \dots, L$;

$P_{ik}^{l\text{ГБ}}(\dots)$ – средняя вероятность обеспечения действий i -го типа элементов, входящих в состав l -го типа объектов с k -ым порядковым номером, зависящая от плана распределения СГБ j -го типа КИИБ ($\|r_{jk}^l\|$) и стратегий

поведения ОТС $\{B\}$ (распределения ИЭ по l -го типа объектам ОТС с номером $k=1, \dots, K_l$);

λ_k^l – относительная важность l -го типа объекта ОТС k -го порядкового номера.

Целесообразно остановиться на некоторых обстоятельствах, связанных с физической интерпретацией задачи (1), (2).

Для наглядности представления метода решения задачи рассмотрим более простые условия применительно к одной l -ой задаче, связанной с обеспечением действий одного из объектов ОТС при $l=1$, $K_l=3$. Тогда задача распределения ресурса КТС запишется в виде:

$$\max_{r_{jk}} \min_{\beta_k} \sum_{k=1}^{K_l} \lambda_k \bar{P}_k^{\text{ГБ}} (\|r_{jk}\|, \|\beta_k\|), \quad (3)$$

$$\text{при} \quad \sum_{k=1}^{K_l} r_{jk} = R_j; \quad j=1, \dots, J; \quad r_{jk} = 0, 1, 2, \dots, \quad (4)$$

где $\bar{P}_k^{\Gamma B} = \sum_{i=1}^{I_k} \gamma_{ik} P_{ik}^{\Gamma B}(\|r_{jk}\|, \|\beta_k\|)$ – средняя вероятность информационного обеспечения действий элементов объекта ОТС с номером $k = 1, \dots, K_1$.

$$P_{ik}^{\Gamma B}(\|r_{jk}\|, \|m_{ni}^k\|) = \sum_{n=1}^N \sum_{m_{ni}^k}^{M_{ni}^k} P_{ik}(\|r_{jk}\|, m_{ni}^k) V_{ik}(m_{ni}^k); \quad (5)$$

$$i = 1, \dots, I; \quad k = 1, \dots, K_1,$$

где $P_{ik}^{\Gamma B}(\|r_{jk}\|, \|m_{ni}^k\|)$ – вероятность осуществления ОТС $\{B\}$ m_{ni}^k воздействий по i -го типа элемента в составе объекта ОТС k -го номера из $\|M_n^k\|$ числа воздействий, $n = 1, \dots, N$;

$V_{ik}(m_{ni}^k)$ – средняя вероятность срыва m_{ni}^k воздействий, осуществляемых n -ым видом ИЭ ОТС $\{B\}$ по i -го типа элементам в объекте ОТС с номером “ k ” с учетом оптимального применения КИИБ;

$\|m_{ni}^k\|$ – вектор распределения количества n , $n = \overline{1, N}$ воздействий ИЭ ОТС $\{B\}$ по i -го, $i = 1, \dots, I_k$ типа элементам в объекте ОТС с номером K , $k = 1, \dots, K_1$;

$$\sum_{k=1}^{K_1} \sum_{i=1}^{I_k} N_i^k m_{ni}^k = M_n^k, \quad \text{где } N_i^k \text{ – количество элементов } i \text{-го типа в составе объекта ОТС с номером “} k \text{”}.$$

Вероятность обеспечения действий элементов в предположении осуществления по каждому k -му, $k = 1, \dots, K_1$ объекту ОТС M_n^k воздействий n -ым ИЭ ОТС $\{B\}$ рассчитывается по формуле:

Вероятности $P_{ik}(\|r_{jk}\|, \|m_{ni}^k\|)$ осуществления ОТС $\{B\}$ m_{ni}^k воздействий по элементам ОТС в районе их предполагаемых действий при заданном распределении $\|M_{ni}^k\|$, $i = 1, \dots, I_k$, $k = 1, \dots, K_1$ определяются, в основном, вероятностью вскрытия элементов ИС обнаружения и применения ИЭ ОТС $\{B\}$ в условиях использования КИИБ.

Вероятность $V_{ik}(m_{ni}^k)$ срыва воздействий (под воздействием понимается применение одного ИЭ по одиночному элементу) определяется количеством состоявшихся воздействий (M_{ni}^{*k}) и вероятностью срыва применения ИЭ ОТС $\{B\}$ в условиях применения КИИБ.

С учетом выражения (5) для заданного распределения числа воздействий ИЭ ОТС $\{B\}$ по элементу ОТС (m_{ni}^{*k}) задачу (3), (4) можно представить в виде:

$$\max_{r_{jk}} \sum_{k=1}^{K_1} \lambda_k \sum_{i=1}^{I_k} \gamma_{ik} \sum_{n=1}^N \sum_{m_{ni}^k}^{M_{ni}^k} P_{ik}(\|r_{jk}\|, m_{ni}^{*k}) V_{ik}^*(m_{ni}^{*k}) = \sum_{k=1}^{K_1} \lambda_k \sum_{i=1}^{I_k} \gamma_{ik} P_{ik}^{\Gamma B}(\|r_{ik}\|, m_{ni}^{*k}), \quad (6)$$

при ограничениях $\sum_{k=1}^{K_1} r_{jk} = R_j; \quad j = 1, \dots, J;$
 $r_{jk} = 0, 1, 2, \dots, R_j; \quad K_1 = 3. \quad (7)$

В принципе при решении задачи (6), (7), кроме определения КИИБ для обеспечения действий каждого объекта ОТС, необходимо определить также способы использования j -ых СГБ при обеспечении действий каждого i -го ($i=1, 2, 3$, соответственно, ИЭ, ЭДИ, ЭУ, ОЭ)) типа элемента – или некоторый план назначения ресурса $\|r_{jk}^i\|_I$, для $j = 1, \dots, J$, $k = 1, \dots, K_1$.

Задача (6), (7) является оптимизационной нелинейной задачей целочисленного программирования с экстремальными ограничениями (переменными), для решения которой применяются приближенные комбинаторные методы, а алгоритмы строятся на максимальном учете специфики конкретных типов задач [3]. Рассматриваемая задача, как задача оптимального управления (назначения) ресурсом КТС, более всего относится к классу задач дискретной оптимизации, использующих для решения метод ветвей и границ. Данный метод реализует последовательный алгоритм определения оптимального решения на основе ветвления (построения дерева решений) или разбиения всего

множества решений на подмножества в соответствии с выбранным признаком (показателем) и определение нижних (верхних) оценок или границы на каждом шаге ветвления.

В данном случае под множеством решений КТС понимается множество планов распределения $\|r_{jk}^i\|$ с учетом возможных оценок влияния плана распределения СГБ j -го типа КГИБ на эффективность действий элементов каждого i -го типа, входящего в объект ОТС с номером $k = 1, \dots, K_1$.

Дерево ветвления строится следующим образом. Подмножество первого шага (уровня) разбиения формируем, фиксируя назначение СГБ всех типов (j -ые, $j = 1, \dots, J$) для обеспечения действий элементов первого типа ($i=1$, соответствует способу обеспечения действий всех ИЭ) – $\bar{r}_k^1 = (r_1^1, \dots, r_j^1, \dots, r_J^1)$, при

ограничивающем условии $r_{jk}^1 \leq R_{jk}^1$, $j = 1, \dots, J$. Подмножество $\bar{r}^1$ включает все возможные планы распределения j -ых типов СГБ при обеспечении действий всех ИЭ ($i=1$) в составе ОТС (каждого объекта). Аналогично подмножество второго шага (уровня) формируется, исходя из цели обеспечения действий элементов второго ($i=2$, соответствует ЭДИ – $\bar{r}^2 = (r_1^2, \dots, r_j^2, \dots, r_J^2)$), при ограничивающем условии $r_j^2 \leq R_j^2$, $j = 1, \dots, J$ и с учетом оптимального плана распределения j -ых, $j = 1, \dots, J$ типов СГБ для обеспечения действий элементов первого ($i=1$) типа (то есть, ИЭ). И так далее для подмножеств всех i -ых типов элементов.

Для каждого из подмножеств (вершин дерева) строятся оценки целевых функций и ограничений:

а) для первого шага ($i=1$, ИЭ):

$$V_1(\bar{r}_{ok}^1) = \max_{\bar{r}_k^1} \sum_{k=1}^3 \lambda_k [\gamma_{1k} P_{1k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^1, m_{n1}^{*k}) + \gamma_{2k} P_{2k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^2, m_{n2}^{*k}) + \gamma_{3k} P_{3k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^3, m_{n3}^{*k})] \quad (8)$$

при ограничениях $r_{jk}^1 \leq R_{jk}^1$; $r_{jk}^1 = 0, 1, 2, \dots$; заданы: $\bar{r}_k^2 = \bar{r}_r^{*2}$, $\bar{r}_k^3 = \bar{r}_r^{*3}$; m_{ni}^{*k} ; (9)

б) для второго шага ($i=2$, ЭДИ):

$$V_2(\bar{r}_{ok}^2) = \max_{\bar{r}_k^2} \sum_{k=1}^3 \lambda_k [\gamma_{1k} P_{1k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^1, m_{n1}^{*k}) + \gamma_{2k} P_{2k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^2, m_{n2}^{*k}) + \gamma_{3k} P_{3k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^3, m_{n3}^{*k})] \quad (10)$$

при ограничениях: $r_{jk}^2 \leq R_{jk}^2$; $r_{jk}^2 = 0, 1, 2, \dots$; заданы: $\bar{r}_k^3 = \bar{r}_r^{*3}$, $\bar{r}_k^3 = \bar{r}_r^{*3}$; m_{ni}^{*k} ; (11)

в) для третьего шага ($i=3$, ЭУ):

$$V_3(\bar{r}_{ok}^3) = \max_{\bar{r}_k^3} \sum_{k=1}^3 \lambda_k [\gamma_{1k} P_{1k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^1, m_{n1}^{*k}) + \gamma_{2k} P_{2k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^2, m_{n2}^{*k}) + \gamma_{3k} P_{3k}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^3, m_{n3}^{*k})] \quad (12)$$

при ограничениях: $r_{jk}^3 \leq R_{jk}^3$; $r_{jk}^3 = 0, 1, 2, \dots$; $j=1, \dots, J$; заданы: m_{ni}^{*k} . (13)

Из выражений (8)-(13) следует, что для каждого $i = 1, \dots, I_k$, $k = 1, \dots, K_1$:

$$V_i(\bar{r}_{ok}^i) = \max_{\bar{r}_k^i} [\sum_{k=1}^{K_1} \lambda_k \gamma_{ik} P_{ik}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^i, m_{ni}^{*k})] = \sum_{k=1}^{K_1} \lambda_k \gamma_{ik} \max_{\bar{r}_k^i} [P_{ik}^{\Gamma\Gamma}(\bar{r}_k^i, m_{ni}^{*k})] \quad (14)$$

при ограничениях $r_{jk}^i \leq R_{jk}^i$; $r_{jk}^i = 0, 1, 2, \dots$; $\sum_{i=1}^I r_{jk}^i \leq R_{jk}$; $\sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^{K_1} r_{jk}^i = K_1$. (15)

В свою очередь, решение задачи (14), (15) связано с распределением заданного ресурса СГБ различных типов КГИБ по конкретным обеспечиваемым элементам в составе конкретного k -го, $k = 1, \dots, K_1$ объекта ОТС и конкретным размещением их на местности относительно возможных пунктов (районов) расположения каждого элемента. Задача является гро-

моздкой, требующей большого объема и времени вычислений. Для понижения сложности и её последующего решения воспользуемся методом нормативного планирования [4], существо которого применительно к рассматриваемой задаче может быть сведено к следующему.

Обозначим некоторые штатные нормы оснащения (оптимальные составы КТС)

элементов ОТС средствами и КГИБ j -ых типов через: R_j^o – для ОТС; R_{jk}^o – для k -го его составляющего объекта и R_{jk}^{oi} – для i -го типа элемента. Эти нормы назначения связаны однообразным отношением с каждым типом элемента, определяемым средней равнозначной эффективностью (вероятностью сохранения) обеспечения его действий. При этом применение указанных норм назначения обеспечивает в типовых условиях примерно одинаковые значения вероятностей обеспечения действий элементов ОТС средствами КТС (КГИБ с учетом их совместного применения с КИИ).

$$V_{ij}(\|\bar{r}_{ok}^{ij}\|_j) = \sum_{k=1}^K \lambda_k \gamma_{ik} \max_{\bar{r}_k^{ij}} P_{ik}^j(\|\bar{r}_{ok}^{ij}\|_j, m_{ni}^{*k}); \quad i=1, \dots, I; \quad j=1, \dots, J, \quad (16)$$

$$\text{при} \quad \sum_{k=1}^{K_1} N_i r_k^{ij} \leq R_j; \quad r_k^{ij} = 0, 1, 2, \dots, R_{jk}^{oi}. \quad (17)$$

Задачи (16), (17) в этом случае можно решать, используя нормативные назначения (например, одного, двух и возможно трех СГБ j -типа на каждый ИЭ или ЭДИ, ЭУ) с учетом коэффициентов важности k -го объекта и i -го типа элемента. При этом размещение СГБ относительно обеспечиваемых элементов осуществляется с учетом пространственных и технических норм.

Таким образом, использование метода ветвей и границ в сочетании с методом нормативного планирования позволяет определить не только оптимальные планы распределения заданного общего количества различного типа

Исходя из этого, на основе метода ветвей и границ осуществляется дальнейшее ветвление решений. На первом шаге формируется подмножество нормативных решений относительно 1-го типа СГБ, назначение СГБ других типов осуществляется произвольно. Когда условно-оптимальное решение относительно назначения 1-го типа СГБ принято, делается второй шаг назначения 2-го типа СГБ, а назначение 3-го типа СГБ осуществляется произвольно. Затем аналогично делается следующий шаг.

Граничные оценки для каждого шага при назначении j -го, $j=1, \dots, J$ типа СГБ будут иметь вид:

средств КТС при обеспечении эффективных действий разнотипных i -ых, $i=1, \dots, I$ элементов ОТС, но и способы их расположения и связанные с ними способы применения.

В заключение необходимо отметить, что предложенный метод обеспечивает реализацию оптимальных способов координированного применения КИИБ и КГИБ в составе КТС для обеспечения действий одиночных и групп элементов (объектов) ОТС и обоснования основных требований к её системе управления, реализующей эти способы в динамике конфликта.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Кубанков А.Н., Котухов М.М., Калашников А.О., Силантьева А.Ю. Информационная безопасность: учеб. пособие. М: МФТИ, 2009 195 с.
- 2 Мистров Л.Е., Сербулов Ю.С. Методологические основы синтеза информационно-обеспечивающих функциональных организационно-технических систем. Воронеж: Научная книга, 2007. 232 с.
- 3 Мишин А.В. Основы теории формальных систем. Построение моделей принятия решений. Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2003. 115 с.
- 4 Поспелов Г.С. Программно-целевое планирование и управление. М.: Сов. радио, 1976.

REFERENCES

- 1 Kubankov A.N., Kotukhov M.M., Kalashnikov A.O., Silant'eva A.Yu. Informatsoinnaya bezopasnost' [Information security]. Moscow, MIPT, 2009. 195 p. (In Russ.).
- 2 Mistrov L.E., Serbulov Yu.S. Metodologicheskie osnovy sinteza [Methodological basis of the synthesis information and provides the functionality of organizational and technical systems]. Voronezh, Nauchnaya kniga, 2007. 232 p. (In Russ.).
- 3 Mishin A.V. Osnovy teorii formal'nykh system [Fundamentals of the theory of formal systems. Construction of models of decision-making]. Voronezh, VI MVD RF, 2003. 115 p. (In Russ.).
- 4 Pospelov G.S. Programmno-tselevoe planirovanie [Programme-oriented planning and management]. Moscow, Sov. Radio, 1976. (In Russ.).

УДК 338

Доцент О.Н. Киселева

(Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина)

кафедра прикладной экономики и управления инновациями.

тел. 89272233977.

E-mail: o.kirichenko@rambler.ru

Assistant Professor O.N. Kiseleva

(Saratov State Technical University named after Gagarin Yu. A.)

Department of applied economy and management of innovations.

phone 89272233977.

E-mail: o.kirichenko@rambler.ru

Особенности организационно-управленческих инноваций на отечественных предприятиях

The features of the management innovations on the domestic enterprises

Реферат. Статья посвящена проблеме использования организационно-управленческих инноваций для повышения эффективности системы управления отечественными предприятиями. Актуальность проблемы повышения конкурентоспособности российских предприятий в сложившихся экономических и политических условиях определяет необходимость поиска решений, реализация которых обеспечит устойчивое положение на рынке отечественных производителей. Основным направлением обеспечения конкурентоспособности на сегодняшний день является инновационная деятельность. Однако производство новой продукции и внедрение новых технологий производства являются не единственным решением. Для достижения положительных результатов инновационной деятельности важно обеспечить соответствие действующей системы управления предприятий новым условиям хозяйствования. Инструментом повышения эффективности систем управления отечественных предприятий являются организационно-управленческие инновации, с внедрения и реализации которых и необходимо начинать процесс инновационного развития. На основе практического опыта автором выделены присущие организационно-управленческим инновациям особенности. К ним относятся: малая изученность проблемы нетехнологических форм инноваций, низкая стоимость разработки и внедрения по сравнению с затратами на продуктовые и технологические формы инноваций, отсутствие возможности объективной оценки эффекта от внедрения и реализации, зависимость от качеств и способностей руководителя, возможность получения эффекта в короткое время. Указанные особенности могут как «помогать» распространению организационно-управленческих инноваций среди отечественных предприятий, так и «тормозить» данный процесс. Так, возможность получения положительного эффекта в короткое время и при невысоких (по сравнению с продуктовыми и технологическими формами) затратах, несомненно, способствуют быстрой диффузии нетехнологических форм инноваций в системы управления предприятий, даже в условиях кризиса. Отсутствие достаточных знаний об организационно-управленческих инновациях и их зависимость от качеств и способностей руководителя, инициировавшего процесс внедрения, наоборот, негативно влияют на процесс внедрения.

Summary. The problem of the use of the management innovations for the increase of the management system effectiveness of the domestic enterprises is considered in the article. The topical character of the problem of increase of competitiveness of Russian enterprises in the current economic and political environment determines the need to find solutions. The implementation of these solutions will ensure a stable position on the market of the domestic producers. The innovative activity is the main direction of the guarantee of the competitiveness today. However, the production of the new products and introduction of the new production technologies are not the only solution. It is important to ensure the current management system of enterprises to the new economic conditions to achieve positive results of the innovative activity. The management innovations are the instrument of the improving the management systems effectiveness of the domestic enterprises. The introduction and the implementation of the management innovations need to begin the process of innovative development. The author picks out the distinctive features of the management innovations on the basis of the practical experience. These are: the low level of study of the problem of the non-technological forms of the innovation, the low cost of development and implementation in comparison with the cost of product and technological forms of innovation, the lack of the ability to objectively assess the effect of the introduction and implementation, the dependence on the qualities and abilities of the manager, the ability to obtain the effect in a short time. These features can "help" the dissemination of the management innovations among the domestic companies, and "slow down" the process. So, the possibility of obtaining the positive effect in a short time and the low cost will contribute to the rapid diffusion of the non-technological forms of innovation in the management system of the enterprises, even in the crisis. The lack of sufficient knowledge about the management innovations and their dependence on the qualities and abilities of the manager are effect the implementation process negatively.

Ключевые слова: инновационное развитие, система управления, конкурентоспособность, организационно-управленческие инновации, отечественные предприятия

Keywords: innovative development, management system, competitiveness, management innovations, domestic enterprises

Вопросы инновационного развития уже на протяжении длительного времени вызывают дискуссии в научных и профессиональных кругах в нашей стране. Актуальность инноваций для отечественных предприятий никогда не вызвала сомнений. Однако, несмотря на поддержку со стороны государства, создание инфраструктуры для инновационной деятельности, формирование различных фондов поддержки российских инновационных предприятий, показатели инновационного развития отечественных предприятий по-прежнему остаются низкими, не достигающими целевых значений. Можно предположить, что одной из причин недостаточной результативности инновационной деятельности в России являлось превалирование на протяжении длительного периода времени в отечественной экономике роли сырьевого сектора над другими сферами народного хозяйства. Действительно, гораздо проще «пополнять» ВВП страны за счет добывающих и перерабатывающих (в первую очередь, нефтеперерабатывающих) отраслей, чем за счет инновационной продукции.

Однако сегодня на мировой сцене происходят действия, которые являются веской причиной отойти от роли «сырьевого придатка» и обратиться к вопросу инновационного развития со всей важностью. С одной стороны, в результате нарушения деловых отношений с европейскими партнёрами, наша страна оказалась в некоторой «изоляции» от передового европейского опыта. И не представляется возможным предсказать, когда ограничения будут сняты, а отношения восстановлены. С другой стороны, в сложившихся условиях ужесточилась конкурентная борьба на внутреннем рынке, где угроза исходит со стороны стран Азии и прежде всего – Китая.

Таким образом, для отечественных предприятий инновационная деятельность является уже не просто «модным» направлением, а жизненно необходимым. В России эффективность использования ресурсов в 2-3 раза ниже, чем в промышленно развитых странах Запада. Переломить эти тенденции посредством «догоняющего» развития невозможно.

На способность осуществления разработок и внедрения новых идей в производство влияет множество факторов. Среди них важное место занимает и возможность финансирования, и наличие необходимых производственных и технологических мощностей, и кадровый потенциал. Но важно выделить еще один существенный фактор, определяющий возможность осуществления инновационной деятельности, а именно: наличие соответствующей системы управления,

способной «воспринять» инновационные идеи и осуществить поддержку их реализации в жизнь. Как отмечают специалисты, необходимым условием для устойчивого развития предприятия является его управленческая устойчивость, под которой понимается скорость реагирования системы управления предприятием на внешние и внутренние воздействия [1]. По результатам экспертного опроса ведущих специалистов инвестиционно-строительного комплекса, эффективность управления компании является одним из основных факторов, влияющих на устойчивость компании (45 % в общем объеме ответов) [2]. Следовательно, для того, чтобы создать условия для развития на основе продуктовых и технологических инноваций, предприятие должно «привести в порядок» свою систему управления.

До сих пор на отечественных предприятиях имеют место принципы командно-административного управления, не соответствующие требованиям изменяющихся условий. На предприятиях действует механистическая структура, отвергающая возможность проявления инициативы и самостоятельности работников, их креативности в выполнении функций. Имеют место переизбыток административно-управленческого персонала (то ли в силу превалирования ручного труда, то ли в силу превалирования родственных связей), тогда как численность производственного персонала, и особенно молодых квалифицированных работников, сокращается. Центры влияния и полномочий смещаются с уровня руководителя, когда главный бухгалтер может ставить свои условия при определении направлений тех или иных платежей. И это далеко не все проблемы, характерные для системы управления отечественных предприятий. Соответственно, о каком развитии может идти речь, если имеют место такие факты, значительно снижающие эффективность действующей системы управления.

Одним из решений в сложившейся ситуации (в противовес прекращению деятельности) является оптимизация системы управления на основе организационно-управленческих инноваций. Последние представляют собой изменения в системе управления с целью повышения ее эффективности и обеспечения способности отвечать современным требованиям внутренней и внешней среды. Как указывают специалисты, это «новые управленческие технологии, новые административные процессы и организационные структуры» [3]. По мнению автора, именно с внедрения и реализации организационно-управленческих инноваций отечественным предприятиям необходимо начинать путь по направлению к иннова-

ционному развитию. Деятельность по разработке и внедрению продуктовых и технологических инноваций не сможет достигнуть требуемых результатов, если не будет обеспечена соответствующая управленческой базой. Кроме того, специалистами указывается, что экономическая эффективность управленческих инноваций может превосходить эффективность технологических инноваций при условии планомерного и целенаправленного их внедрения менеджментом компании [2]. Для удержания положения на рынке предприятие всегда должно «отзываться» на происходящие изменения в окружающей его среде. Характеристика настоящего времени такова, что изменения во внешней среде, в том числе и на рынке, происходят очень быстро. Соответственно, чтобы «успевать» реагировать на происходящие изменения, система управления предприятием должна обеспечить высокую скорость всех процессов внутри предприятия. Рыночные отношения, жесткая конкуренция, свойственные процессам глобализации мировой экономики, обуславливают необходимость переосмысления сложившихся ранее форм, принципов и методов управления и обращения к передовым, отличающимся от прежних. Другими словами, изменение условий функционирования определяет соответствующую трансформацию систем управления. Между внешней средой, организационным развитием и системами управления существует взаимное влияние друг на друга. Состояние внешней среды влияет на этап организационного развития, который, в свою очередь, предопределяет систему управления. Изменения технологий производства или запуск производства нового вида продукции/услуги не может быть осуществлено без соответствующих изменений в системе управления. Производство чего-то нового или по новым технологиям требует новых знаний, прежде всего в сфере управления.

Несмотря на очевидную актуальность вопроса повышения эффективности систем управления отечественных предприятий на основе организационно-управленческих инноваций, в настоящее время данный вопрос не так хорошо изучен как, к примеру, вопрос технологических форм инноваций. В настоящее время не существует определенной классификации нетехнологических форм инноваций, отсутствует методика их разработки и внедрения, нет системы показателей для определения степени их эффективности. Другими словами, отечественная наука сегодня не обладает необходимой теоретической и практической базой для развития и реализации организацион-

но-управленческих инноваций на отечественных предприятиях. Даже определение термина «инновация» в первую очередь рассматривается именно с технической и технологической точки зрения. Не у многих возникает ассоциация с изменениями в системе управления.

В качестве причин, обуславливающих малую распространенность организационно-управленческих инноваций на отечественных предприятиях, автором видятся особенности, присущие данному виду инноваций. Как указывалось выше, организационно-управленческие инновации – это изменения в системе управления с целью повышения ее эффективности. При этом в качестве данного вида инноваций могут выступать создание или ликвидация структурных звеньев, введение нового функционала, создание управленческого учета, автоматизация процессов управления и т.д. Отсюда «вытекает» первая особенность организационно-управленческих инноваций, а именно: отсутствие возможности объективно оценить эффект от их внедрения. Как, к примеру, определить эффект от сокращения числа структурных звеньев? Конечно, очевидным является сокращение расходов на содержание персонала данных структурных подразделений, которое определит, в конечном итоге, снижение себестоимости выпускаемой продукции. Но какими цифрами выразить рост оперативности принятия управленческих решений за счет ликвидации «лишнего» звена на пути управленческой информации? Как определить влияние снижения социальной напряженности в результате внедрения системы автоматизации и сопряженного с ней сокращения ручного труда? На сегодняшний день это возможно лишь на основе метода экспертных оценок. Какого-либо метода, дающего возможность объективной оценки эффективности организационно-управленческих инноваций, на данный момент не существует. Отчасти, и по причине отсутствия необходимой эмпирической базы.

Другой особенностью организационно-управленческих инноваций является отсутствие потребности в существенных затратах на их разработку и реализацию. Если не говорить о масштабных проектах по внедрению комплексных автоматизированных систем управления, то в сравнении с продуктовыми и технологическими инновациями, данный вид инноваций достаточно «дешев». Как показывает практика, иногда даже внедрение отдельных управленческих форм позволяет получить определенный положительный экономический эффект. Например, внедрение бюджета движения денежных средств позволяет менеджменту «правильно» распреде-

лить денежные потоки и отказаться от заемных средств, тем самым сократив расходы на их обслуживание. Кроме того, эффект от внедрения организационно-управленческих инноваций можно получить намного «быстрее», чем от внедрения продуктовых и технологических инноваций, требующего обязательного прохождения этапов разработки, опытного производства и вывода на рынок. Важно отметить, что именно указанные особенности организационно-управленческих инноваций определяют возможность их применения в рамках антикризисного управления, когда фактор времени и наличия средств на реализацию антикризисных мероприятий ограничен. Как показывает практика, именно в условиях кризиса предприятие чаще всего «готово» к реализации организационно-управленческих инноваций. Так, Павел Черкашин, глава представительства компании Adobe Systems в России и странах СНГ, указывает, что «кризис – отличное время для воплощения идей, которые были отложены в долгий ящик. Мы, например, начинаем реализовывать инновации, касающиеся продаж и работы с клиентами, а также начали работать над специальными версиями продуктов для разных категорий пользователей. С началом кризиса наша компания стала активно экспериментировать с маркетинговыми инструментами...» [4].

Особенностью инноваций в системе управления также является и зависимость результата их внедрения от качеств руководителя, его способности организовать и поддерживать весь процесс от начала до окончания реализации. По показателям уровня управления Россия сильно отстает от многих стран мира. Слой грамотных руководителей и управленцев, способных эффективно осуществлять свои функции в условиях переходного периода находится у нас все еще в стадии формирования. Практика показывает, что ни один проект по внедрению организационно-управленческих инноваций не заканчивался в соответствии с установленными целями, если руководитель, инициировавший данный проект, не обладает соответствующими лидерскими качествами и полномочиями, определяющими возможность воздействия на участников проекта. Очень часто реализация проектов по внедрению организационно-управленческих инноваций сопровождается «саботажем» со стороны персонала. Это определяется введением дополнительных функций по реализации проекта. Естественно, нарушение привычного порядка осуществления деятельности приводит к возникновению сопротивления со стороны исполнителей. И если здесь руководитель

не сможет проявить свои умения по соответствующей мотивации персонала на выполнение работы в рамках проекта, то на положительные результаты можно даже не надеяться. Кроме того, организационно-управленческие инновации позволяют достаточно быстро выявить «узкие места» в текущей деятельности. Так, система бюджетирования определяет «прозрачность» всех денежных потоков, циркулирующих внутри предприятия, система управления затратами позволяет контролировать все составляющие себестоимости продукции, в том числе на содержание персонала, внедрение системы управления дебиторской задолженностью обуславливает выявление «недобросовестных» дебиторов, пользующихся лояльным отношением к ним. Как правило, оптимизация системы управления становится «неудобной» для некоторых работников, что становится причиной соответствующей реакции на происходящие изменения, а именно – сопротивления. В отсутствии «сильного» руководителя, как свидетельствует практический опыт, сопротивление «побеждает», проект завершается, не достигнув результатов.

Можно сказать, что еще одной отличительной чертой организационно-управленческих инноваций является малая изученность нетехнологических форм инноваций. Исследования в данной сфере в зарубежной и отечественной науке началось лишь в 60-х гг. прошлого столетия, тогда как исследование проблем технологических и продуктовых инноваций берет начало в более ранний период. Гурковым И.Б. отмечается, что в нашей стране исследования инновационных процессов, в том числе и исследования инноваций в сфере систем управления, на протяжении длительного периода времени ограничивались существующей командно-административной системой, определявшей направления, масштабы и темы исследований, поэтому понимание всей важности организационно-управленческих инноваций «у нас» произошло гораздо позже [5]. При этом если за рубежом уже в начале процесса исследования стало очевидным, что нетехнологические формы инноваций не только являются предпосылкой для эффективного использования технологии, но и имеют собственное значение как источник добавленной стоимости и гибкости, то в отечественной экономике организационно-управленческим инновациям отводилась роль инструмента совершенствования системы управления народного хозяйства, характеризовавшейся иерархическими системами управления отраслями в рамках промышленных ми-

нистерств, элементами экономического стимулирования выполнения планов и внеплановых инициатив, значительной операционной самостоятельностью предприятий. Иначе, организационно-управленческие инновации рассматривались как изменения в административной структуре с целью обеспечения жесткого контроля и стимулирования труда. Естественно, что в условиях плановой экономики их влияние на конкурентоспособность не изучалась. Осознание значительности проблемы конкурентоспособности предприятия как проблемы выживания в принципиально новой, конкурентной среде, а организационно-управленческих инноваций как фактора повышения конкурентоспособности «пришло» только в период перехода к рыночной экономике. Таким образом, сравнивая с развитием исследований нетехнологических форм инноваций за рубежом, в нашей стране роль организационно-управленческих инноваций в полной мере была осознана примерно на полвека позже. Это «опоздание» и определило существующий в настоящее время «разрыв» между теоретической и эмпирической базой и реальной потребностью в знаниях и опыте об организационно-управленческих инновациях.

Исходя из недостатка знаний об организационно-управленческих инновациях, вытекает еще одна особенность инноваций данного вида. Речь идет о необходимости обращения к «сторонней помощи» при инициации проекта по внедрению инноваций в систему управления. С одной стороны, такая помощь необходима для определения самого факта наличия потребности в применении организационно-управленческих инноваций. Отсутствие необходимых знаний зачастую не позволяет менеджменту отечественных предприятий правильно определить направления изменений. Другими словами, проблема имеет выраженный характер (недостаток средств, отсутствие в существующей управленческой отчетности необходимой информации, спад объемов производства и реализации), а ее источник не может быть выявлен. В такой ситуации взгляд со стороны в совокупности с практическими знаниями позволяет выявить источник негативных тенденций. С другой стороны, даже при указании на причину, руководство предприятия, не обладая соответствующими навыками, не сможет эффективно самостоятельно справиться с ней. Здесь уже необходима поддержка непосредственно при реализации мероприятий, направленных на ликвидацию сложившейся ситуации.

В качестве источника знаний, сопровождающих процесс разработки и внедрения организационно-управленческих инноваций, в настоящее время выступают внешние консультанты, специалисты консалтинговых компаний. В общем случае консалтинг можно определить как сферу деятельности по передаче знаний в форме предоставления широкого спектра услуг, направленных на поддержку принятия управленческих решений с учетом особенностей различных видов и сфер предпринимательской деятельности. Специалисты управленческого консалтинга не только обладают широким спектром знаний о специфике организационно-управленческих инноваций, но и способностью их реализовать на практике. Накопленный практический опыт позволяет вырабатывать им в короткие сроки наиболее эффективные решения. Кроме того, сама консалтинговая деятельность непосредственно связана с инновациями (и организационно-управленческими, и технологическими, и продуктовыми) для того, чтобы обеспечить и поддерживать на современном уровне услуги по консультированию.

Таким образом, выявленные особенности организационно-управленческих инноваций и определяют сложившееся в настоящее время положение дел, а именно: малую распространенность нетехнологических форм на отечественных предприятиях. Отсутствие достаточных знаний об организационно-управленческих инновациях не позволяет менеджменту отечественных предприятий осуществлять эффективное их внедрение, однозначно определить ожидаемый результат. Положение усугубляется и тем фактом, что реализация инноваций в системе управления не может быть инициирована и «запущена» самостоятельно, без внешней помощи со стороны консультантов, работа которых, естественно, требует соответствующей оплаты. На сегодняшний день, учитывая сложившиеся стереотипы, не всегда руководство отечественных предприятий готово платить за то, о чем имеет весьма смутное представление. С другой стороны, как показывает практический опыт, результаты внедрения организационно-управленческих инноваций всегда имеют ярко выраженный положительный эффект, существенно покрывающий понесенные расходы. И именно это должно стать основной «движущей» силой при принятии решения об их применении. Кроме того, эффективная система управления является гарантией последующего успешного развития на основе продуктовых и технологических инноваций.

ЛИТЕРАТУРА

1 Бетилгирiev М.А., Дацаева Р.Ш. Концептуальные подходы обеспечения устойчивого развития предприятия как хозяйствующего субъекта экономики региона [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.uecs.ru/uecs-37-372012/item/982-2012-01-26-08-56-08> (20 апреля 2015 г.)

2 Забродин А. Ю. Стратегии и принципы инновационного управления компаниями инвестиционно-строительной сферы // Молодой ученый. 2011. Т.1. №8. С. 130–132.

3 Чечурина М.Н. Управленческие инновации как неовещественный фактор экономического развития общества [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://itc.mstu.edu.ru/www/ntk2002.nsf/all/> (20 апреля 2015 г.).

4 Полякова И. Инновационная деятельность, или как увеличить прибыль предприятия в кризис [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fd.ru/articles/39396-innovatsionnaya-deyatelnost-ili-kak-uvelichit-pribyl-predpriyatiya-v-krizis#ixzz3MAW6powm> (17 апреля 2015 г.)

5 Гурков И. Б. Инновационное развитие и конкурентоспособность. Очерки развития российских предприятий. М.: ТЕИС, 2003. 236 с.

REFERENCES

1 Betilgiriev M.A., Datsaeva R.Sh. Kontseptual'nye podkhody obespecheniya ustoychivogo razvitiya predpriyatiya kak khozyaystvuyushchego sub"ekta ekonomiki regiona. [Conceptual approaches to ensure sustainable development of the enterprise as an economic entity of the regional economy.] Available at: <http://www.uecs.ru/uecs-37-372012/item/982-2012-01-26-08-56-08> (Accessed 20 April 2015). (In Russ.).

2 Zabrodin A. Yu. Strategy and principles of innovative management companies in the investment and construction sphere. *Molodoy uchenyy*. [Young scientist], 2011, vol.1, no.8, pp. 130–132. (In Russ.).

3 Chechurina M.N. Upravlencheskie innovatsii kak neoveshchestvennyy faktor ekonomicheskogo razvitiya obshchestva [Administrative innovations like soft characteristics factor of economic development of society]. Available at: <http://itc.mstu.edu.ru/www/ntk2002.nsf/all/> (Accessed 20 April 2015). (In Russ.).

4 Polyakova I. Innovatsionnaya deyatelnost', ili kak uvelichit' pribyl' predpriyatiya v krizis [Innovative activities, or how to increase the profit of the company in crisis]. Available at: <http://fd.ru/articles/39396-innovatsionnaya-deyatelnost-ili-kak-uvelichit-pribyl-predpriyatiya-v-krizis#ixzz3MAW6powm> (Accessed 17 April 2015). (In Russ.).

5 Gurkov I. B. Innovatsionnoe razvitie i konkurentosposobnost'. Ocherki razvitiya rossiyskikh predpriyatiy [Innovative development and competitiveness. Sketches of Russian companies]. Moscow, TEIS, 2003. 236 p. (In Russ.).

УДК 336.71

Доцент Л.Н. Сотникова

(Воронеж. гос. аграрн. ун-т) кафедра финансов и кредита.

тел. (473) 253-82-63,

E-mail: lyusotn@yandex.ru

аспирант М.В. Ткачева

(Воронеж. гос. ун-т) кафедра экономического анализа и аудита.

тел. (473) 266-56-54,

E-mail: murlisik2007@mail.ru

Associate Professor L.N. Sotnikova

(Voronezh, Russia. State Agricultural University) Department of finance and credit.

phone (473) 253-82-63

E-mail: lyusotn@yandex.ru

graduate M.V. Tkacheva

(Voronezh, Russia. State University) Department of economic analysis and audit

phone (473) 266-56-54

E-mail: murlisik2007@mail.ru

Банковская система РФ: состояние и перспективы развития

The banking system of the Russian Federation: status and prospects

Реферат. В статье выделяются особенности и современные тенденции развития банковской системы Российской Федерации. Авторами предложена оригинальная методика оценки деятельности кредитных организаций страны с использованием статистических данных и данных рейтинговых агентств. В статье обобщено понятие банковской системы, проанализирована ее структура по количеству кредитных учреждений и качеству, осуществляемых ими операций. Авторами выявлены различия между понятиями банковская услуга, банковская операция и банковский продукт. Далее предлагается классификация по различным признакам банковских учреждений и операций, которые они осуществляют. Затем авторы переходят к оценке объема предоставляемых банковских услуг на территории РФ и их структуры в общем объеме. Отдельно охарактеризованы основные пассивные (привлечение вкладов и кредитов) и активные операции (кредитование юридических и физических лиц). Авторами выявлены основные изменения, произошедшие в банковской системе РФ в 2014г. в связи с политическими и экономическими санкциями США и стран еврозоны. В статье приводится видение авторов на дальнейшее развитие банковской деятельности в России и предлагаются конкретные мероприятия по адаптации банковской системы РФ в постоянно меняющихся политических и экономических условиях (финансовые санкции, изменение ключевой ставки Центрального банка, девальвация рубля и т.д.). По мнению авторов, ожидаемые перспективы развития банковской системы РФ на 2015г. будут следующими: рост объемов сбережений населения на счетах в банках; санкции, в случае их введения, будут носить персональный характер и не коснутся крупнейших кредитных учреждений; продолжится активный рост корпоративного кредитного портфеля; продолжится замедление роста портфеля розничного кредитования, а ипотечное жилищное кредитование увеличится в совокупном кредитном портфеле банковского сектора России.

Summary. The features and current trends in the development of the banking system of the Russian Federation are highlighted in the article. The authors propose an original method of evaluation of activities of credit organizations with the use of statistical data and rating agencies. The concept of the banking system is summarized in this article. Also its structure is analyzed by the number of credit institutions and the quality of their operations. The authors identify differences between the concepts of banking service, banking operation and banking product and propose classification according to different characteristics of banking institutions and operations that they carry out. Then the authors go to estimating the volume of banking services in Russia and their patterns in total. Separately the main passive (deposits and loans) and active operations (lending to legal entities and individuals) are characterized. The authors identify the major developments in the banking system of the Russian Federation in 2014 due to political and economic sanctions by the U.S. and Eurozone countries. The article provides a vision of the authors on the further development of the banking activity in Russia and proposes specific measures to adapt the banking system of the Russian Federation in a constantly changing political and economic conditions (financial sanctions, a change of key Central Bank rates, devaluation, etc.). According to the authors' opinion the expected prospects of development of the banking system of the Russian Federation to 2015 are: the growth in savings accounts in banks; sanctions will be of a personal nature and will not affect the largest credit institutions; the active growth of the corporate loan portfolio will continue; the growth of retail lending portfolio will continue to slow; mortgage lending will increase in the total loan portfolio of the banking sector of Russia.

Ключевые слова: банковская система, кредитное учреждение, капитал банков, пассивные операции, активные операции, кредиты, ставки, портфель банковских услуг, банковский продукт.

Keywords: The banking system, credit institution, banks, passive operations, assets, loans, rates, portfolio of banking services, banking product.

Банковская система, будучи одним из важнейших звеньев рыночной экономики, оказывает огромное, разностороннее воздействие на жизнедеятельность общества в целом. Она не только обеспечивает механизм межотраслевого и межрегионального перераспределения денежного капитала, но и является ключевым элементом расчетного и платежного механизмов хозяйственной системы страны. От состояния банковской системы государства существенным образом зависит защищенность и устойчивость национальной валюты.

Под банковской системой подразумевается исторически сложившаяся и законодательно закреплённая система организации банковского дела в конкретной стране. Современная банковская система РФ имеет двухуровневую структуру, которая

представлена Центральным банком РФ и различными кредитными организациями. Кредитная организация (кредитное учреждение), в соответствии с законодательством Российской Федерации – это юридическое лицо, которое для извлечения прибыли как основной цели своей деятельности на основании специального разрешения (лицензии) Центрального банка Российской Федерации (Банка России) имеет право осуществлять банковские операции, предусмотренные Федеральным законом «О банках и банковской деятельности». Кредитная организация образуется на основе любой формы собственности как хозяйственное общество.

Данные по числу кредитных учреждений РФ за 2001-2013гг. представим в таблице 1.

Т а б л и ц а 1.

Кредитные организаций РФ на начало года

Показатели	2001 г.	2006г.	2011г.	2012г.	2013г.	Темп роста, %
1. Число кредитных организаций	2124	1409	1146	1112	1094	51,5
2. Осуществление банковских операций	1311	1253	1012	978	956	72,9
3. В % к общему числу	61,72	88,93	88,31	87,95	87,39	125,7
4. Число кредитных организаций с иностранным участием в уставном капитале	130	136	220	230	244	187,7
5. В % к общему числу	6,12	9,7	19,20	20,68	22,30	116,1
6. Число филиалов действующих кредитных организаций	3793	3295	2926	2807	2349	61,99
7. Уставный капитал действующих кредитных организаций, млрд. руб.	207	444	1186	1214	1341	6,47 раза

В соответствии с Федеральным Законом можно выделить следующие виды кредитных организаций:

1. Банк – кредитная организация, которая имеет исключительное право осуществлять в совокупности следующие банковские операции: привлечение во вклады денежных средств физических и юридических лиц, размещение указанных средств от своего имени и за свой счёт на условиях возвратности, платности, срочности, открытие и ведение банковских счетов физических и юридических лиц.

2. Небанковская кредитная организация – кредитная организация,

имеющая право осуществлять отдельные банковские операции, предусмотренные ФЗ «О банках и банковской деятельности». Допустимые сочетания банковских операций для небанковских кредитных организаций устанавливаются Банком России.

Наибольший удельный вес в 2013г. занимают кредитные учреждения с размером уставного капитала от 150 до 300 млн. руб. (28,87%). Количество данных учреждений за 2001-2013гг. увеличилось с максимальным темпом роста в 4,06 раза (таблица 2).

Т а б л и ц а 2.

Группировка кредитных организаций РФ по величине зарегистрированного уставного капитала на начало года

Показатели	2001г.	2006г.	2011г.	2012г.	2013г.	Структура, %	Темп роста, %
1	2	3	4	5	6	7	8
Число кредитных организаций, всего	1311	1253	1012	978	956	100	73
до 3 млн. руб.	174	56	17	15	15	1,6	9

от 3 до 10	282	106	23	18	15	1,6	5
от 10 до 30	313	205	46	41	41	4,3	13
от 30 до 60	254	212	98	62	46	4,8	18
от 60 до 150	127	227	222	199	168	0,2	132
от 150 до 300	68	204	250	263	276	28,9	406
от 300 до 500	93	243	98	101	95	9,9	102
от 500 млн. до 1 млрд	...	...	103	114	123	12,9	73
от 1 до 10 млрд	...	...	133	143	154	16,1	9
выше 10	...	...	22	22	23	2,41	5,32

Наибольший удельный вес (28,9%) в структуре банковской системы занимают кредитные организации со средним размером уставного капитала от 150 до 300 млн. руб., в динамике данный вид организаций возрастает за исследуемый период с максимальным темпом в 4,06 раза.

Темпы роста капитала в первом квартале 2014г. полностью совпали с темпами роста активов в банковской системе [2]. При этом норматив достаточности капитала после резкого падения в январе, постепенно начал восстанавливать свои позиции. Стоит отметить, что в среднем по рынку наименьшее значение по нормативу Н1 имеют именно крупные банки, с капиталом выше 900 млн. рублей. Это объясняется тем, что именно крупнейшие банки обладают более широкими возможностями по пополнению капитала, а небольшим кредитным организациям в отсутствие возможности для оперативного увеличения капитала приходится поддерживать более высокое значение норматива Н1. Вместе с тем, сейчас для целого ряда банков более острой проблемой стала нехватка ликвидности: наблюдается постепенное снижение нормативов текущей и мгновенной ликвидности, а определенное недоверие на рынке МБК в совокупности с повышением стоимости фондирования (повышение ключевой ставки) лишь усугубляет сложившуюся ситуацию.

Банк как специфическое предприятие производит продукт, существенно

отличающийся от продукта сферы материального производства, он производит не просто товар, а товар особого рода в виде денег, платежных средств.

Банковский продукт – это взаимосвязанный комплекс специфических банковских услуг, предоставленных клиенту в определенной последовательности и удовлетворяющих его конкретную финансовую потребность. Например, полученная клиентом информация о предоставляемом банком кредите, оформленный кредитный договор, открытый ссудный счет и т. д. – это банковские услуги, а их совокупность, имеющая своим следствием для клиента возможность воспользоваться заемными средствами, – это банковский продукт.

Банковская услуга – это результат отдельных технических, технологических, интеллектуальных, профессиональных и других действий, направленных на удовлетворение потребностей клиентов банка.

Банковская операция – это совокупность взаимосвязанных действий по предоставлению клиенту данного банковского продукта или по формированию собственных средств коммерческого банка [4].

Что касается структуры банковских операций кредитных организаций, на которые выдана лицензия ЦБ РФ, то она изменялась следующим образом (таблица 3).

Т а б л и ц а 3.

Структура кредитных организаций РФ, имеющих лицензии (разрешения), предоставляющие право осуществления банковских операций на начало года, тыс. руб.

Показатели	2011г.	2012г.	2013г.	Структура, %	Темп роста, %
1.Привлечение вкладов населения	819	797	784	41,0	96
2.Осуществление операций в иностранной валюте	677	661	648	33,9	96
3.Проведение операций с драгоценными металлами	208	207	211	11,0	101
4.Генеральные лицензии	283	273	270	14,1	96
ИТОГО	1987	1938	1913	100	96

Таким образом, наибольший удельный вес занимают кредитные организации, имеющие лицензии, дающие право на осуществление операций по привлечению вкладов населения (40,98 % по данным на начало 2013 г.), хотя в структуре общего лицензирования кредитных учреждений их количество и удельный вес сокращаются за 2011-2013 гг. соответственно на 4,27 % и 0,2 % соответственно.

Положительный прирост имеют организации с лицензиями, дающими право на проведение кредитными учреждениями операций с драгоценными металлами на 1,44 % за 2011-2013 гг. и в структуре их удельный вес возрастает за исследуемый период на 0,56 %.

Привлечение вкладов в депозиты – привлечение денежных средств, внесенных в банк клиентами – частными и юридическими лицами на определенные счета, и используемые ими в соответствии с режимом счета и банковским законодательством.

По экономическому содержанию депозиты можно разделить на группы: депозиты до востребования, включая остатки средств на расчетных и текущих счетах; срочные депозиты; сберегательные вклады; условные вклады.

Депозиты до востребования представлены различными счетами, с которых их владельцы могут получать наличные деньги по первому требованию путем выписки денежных и расчетных документов.

К депозитам до востребования в отечественной банковской практике относятся: средства, хранящиеся на расчетных и текущих счетах государственных, акционерных предприятий, различных малых коммерческих структур; средства фондов различного назначения в период их расходования; средства в расчетах; средства местных бюджетов и на счетах местных бюджетов; остатки средств на корреспондентских счетах других банков; депозиты до востребования.

Срочные депозиты и сберегательные вклады представляют наиболее устойчивую часть депозитных ресурсов.

Срочные депозиты – это денежные средства, внесенные в банк на фиксированный срок.

Они подразделяются на: собственно срочные депозиты; депозиты с предварительным уведомлением об изъятии средств.

Собственно срочные депозиты по срокам хранения средств подразделяются на депозиты со сроком: до 30 дней; от 31 до 90 дней; от 91 до 180 дней; от 181 до 360 дней; свыше 360 дней [4].

Наиболее распространенными видами персональных депозитных счетов является сберегательный вклад с книжкой, для которого характерно: отсутствие фиксированного срока хранения денежных средств; не требуется предупреждения об изъятии средств; при внесении и снятии денег со счета предъявляется сберегательная книжка, в которой отражается движение средств.

Виды сберегательных вкладов, открываемых физическим лицам: срочные; срочные с дополнительными взносами; выигрышные; денежно-вещевые выигрышные; целевые, текущие; с предварительным уведомлением об изъятии средств и др.

Срочные сберегательные вклады: устанавливается либо фиксированный срок, либо срок, в течение которого вклад не может быть изъят. По срочным вкладам банком уплачивается наиболее высокий процент по сравнению с другими видами сберегательных вкладов.

Сберегательный вклад с дополнительными взносами. На этот счет регулярно вносится заранее оговоренная сумма денег и накопленные сбережения выплачиваются на определенную дату (новогодние вклады, к моменту совершеннолетия и т.д.).

Текущие сберегательные вклады допускают свободное поступление и изъятие средств и используются в основном для зачисления заработной платы, пенсий, оплаты регулярных платежей. По этим вкладам начисляется минимальная процентная ставка.

Разновидностью срочных депозитов и сберегательных вкладов являются депозитные и сберегательные сертификаты. Депозитный или сберегательный сертификат – это письменное свидетельство банка-эмитента о вкладе денежных средств, удостоверяющее право вкладчика или его правопреемника на получение денежных средств по истечении установленного срока и процентов по нему.

Структура привлеченных средств коммерческими организациями в 2011-2013 гг. представим в таблице 4.

Из таблицы 4 следует, что наибольший удельный вес в источниках финансирования деятельности кредитных организаций занимают средства, привлеченные во вклады (депозиты) у физических лиц 49,51 % от общей суммы привлеченных ресурсов в 2013 г., в том числе вклады в рублях составили 40,87 %. Вклады физических лиц в 2013 г. в рублях составили 82,55 % от общей суммы вкладов в рублях и иностранной валюты.

Средства, привлеченные кредитными организациями РФ (на начало года, миллионов рублей)

Показатели	2011г.	2012г.	2013г.	Структура, %	Темп роста, %
1. Привлеченные средства, в т.ч.:	19729799	24944935	28781726	100	146
в руб.	13411488	7531987	20553396	71,4	153
в %	67,98	30,19	71,41	*	*
2. Депозиты организаций, в т.ч.:	6035603	8367397	9619503	33,4	160
в руб.	3541232	5488017	6089714	21,2	172
в %	58,67	65,59	63,31	*	*
3. Вклады физ. лиц	9818048	11871363	14251046	49,5	145
в руб.	7918536	9702267	11763537	40,9	119
в %	80,65	81,73	82,55	*	*
4. Депозиты, кредиты и прочие средства кредитных организаций	3754932	4560153	4738362	16,5	126
в руб.	1832124	2197699	2530127	8,8	138
в %	48,79	48,19	53,40	*	*
5. Средства физ. лиц – ИП	121216	146022	172815	0,6	143
в руб.	119596	144004	170018	0,6	142
в %	98,66	98,62	98,38	*	*

а 2011-2013 гг. объем вкладов физических лиц увеличился на 45,15 %, в том числе в рублях – на 48,56 %.

В связи с отзывом лицензий ряда банков в 2014 г., граждане РФ перекладывали свои сбережения в крупнейшие банки, в том числе с государственным участием, которые, по мнению населения являются более надежными. Многие клиенты кредитных учреждений при ослаблении рубля переложили свои сбережения из рублевых вкладов в валютные [2].

С 1 января 2014 г. в систему страхования вкладов вошли и счета физических лиц – индивидуальных предпринимателей. Максимальный размер страхового возмещения, выплачиваемого Агентством по страхованию вкладов (АСВ) вкладчиков лопнувших банков, в декабре 2014 г. увеличивается вдвое – с 700 тыс. до 1,4 млн. руб. [3].

По данным на 12 декабря 2014 года, в систему страхования вкладов (ССВ) входило 863 российских банка, в том числе 162 банка, находящихся в процессе ликвидации, и 8 банков, ранее принимавших вклады, но утративших право на привлечение денежных средств физических лиц.

Большую часть средств рефинансирования получает всего несколько банков. В 2014 г., так как с начала этого года ЦБ РФ повышал ключевую ставку 6 раз. Так, на начало 2014 года ставка составляла 5,5 %, с 1 марта она была повышена до 7 %, с 25 апреля – до 7,5 %, с 25 июля – до 8 %, с 5 ноября – до 9,5 %, с 12 декабря – до 10,5 %, а с 16 декабря 2014 года – до 17,0 % [1].

Таким образом, резкое повышение ставки с 10,5 % до 17 % произошло 16 декабря 2014 года. Свое решение регулятор тогда

объяснил необходимостью сдерживать инфляционные риски. 30 января 2015 года ЦБ РФ снизил ставку до 15 %. Банк России 13 марта 2015 г., по итогам заседания совета директоров снизил ключевую ставку на 1 % до 14 % годовых. Принятое решение будет способствовать снижению рисков, при этом не создавая дополнительной угрозы усиления инфляционного давления.

Среди активных операций российских коммерческих банков ведущее место занимает кредитование. Банковские кредиты можно классифицировать по ряду признаков:

1. По объекту кредитования – кредиты могут предоставляться на: восполнение недостатка оборотных средств, приобретение основных фондов, недвижимости, на выдачу заработной платы, приобретение предметов потребления, хозяйственное обзаведение и др.

2. По заемщикам – получателями кредитов могут быть: физические лица, юридические лица.

3. По сферам вложений – в настоящее время преобладают кредиты реальному сектору экономики и второстепенное значение имеют кредиты финансовому сектору.

4. По срокам – кредиты могут быть: краткосрочными (до 1 года), среднесрочными (от 1 до 5 лет), долгосрочными (более 5 лет).

5. По форме выдачи кредита – кредит может выдаваться: на оплату товарно-материальных ценностей, минуя расчетный счет, зачисляться на расчетный счет предприятия.

6. По способу выдачи выделяют: разовый кредит, который выдается одной суммой, оговоренной в кредитном договоре; кредитная линия предполагает предоставление

в течение определенного времени нескольких кредитов в пределах согласованного лимита; овердрафт, то есть кредитование сверх остатка по счету. В отличие от обычных видов кредитования не имеет жестких сроков предоставления и погашения. Предоставляется по мере возникновения потребности в средствах при отсутствии денег на расчетном счете клиента в размере, который необходим для оплаты платежных документов (но в пределах суммы, оговоренной кредитным договором). Погашается, как только на расчетном счете клиента появляются средства.

7. По отраслевой принадлежности заемщика бывают: промышленные, сельскохозяйственные, транспортные и прочие кредиты.

8. По наличию обеспечения: обеспеченные, необеспеченные (бланковые) [4].

Российские банки стремятся предоставлять обеспеченные кредиты, в чем их заинтересовывает и система регулирования ЦБ РФ. В качестве дополнительного обеспечения возврата суммы основного долга и выплаты процентов в РФ используются залог, поручительство и банковская гарантия. Что касается страхования риска невозврата кредита, получившего распространение в начале 90-х годов, то в настоящее время этот вид обеспечения практически перестал существовать, поскольку банки столкнулись с многочисленными случаями отказа страховых организаций от проведения выплат.

В силу залога кредитор по обеспеченному залогом обязательству (залогодержатель) имеет право, в случае неисполнения должником этого обязательства, получить удовлетворение из стоимости заложенного имущества преимущественно перед другими кредиторами, за изъятиями, установленными законом. Предметом залога может быть

всякое имущество и имущественные права (требования), кроме имущества, изъятого из оборота, имущества, залог которого запрещен законом, а также требований, неразрывно связанных с личностью кредитора. Залогодателем может быть как сам должник, так и третье лицо. Различают залог без передачи или с передачей (заклад) заложенного имущества залогодержателю.

По предмету залога выделяются залог движимого и недвижимого (ипотека) имущества, а также имущественных прав. К числу существенных условий договора о залоге, то есть условий, без которых он не может считаться заключенным, ГК РФ относит указание в договоре предмета залога и его оценку, существо, размер и срок исполнения обязательства, обеспеченного залогом.

По договору поручительства поручитель обязывается перед кредитором другого лица отвечать за исполнение его обязательства полностью или частично. Поручитель отвечает перед кредитором в том же объеме, что и должник.

Банковская гарантия – это письменное обязательство кредитору уплатить ему при предъявлении письменного требования денежную сумму в соответствии с условиями гарантии. От залога и поручительства банковская гарантия как инструмент обеспечения возвратности кредита отличается своей независимостью от кредитного договора и возмездностью. Ответственность гаранта ограничена суммой, оговоренной в гарантии, независимо от реальной задолженности принципала по основному обязательству, если иное не предусмотрено в гарантии.

Рассмотрим структуру средств, предоставленных (размещенных) кредитными учреждениями РФ за период 2011-2013 гг. в таблице 5.

Т а б л и ц а 5.

Средства, размещенные кредитными организациями РФ (на начало года, миллионов рублей)

Показатели	2011г.	2012г.	2013г.	Структура, %	Темп роста, %
1. Предоставленные кредиты, в т.ч.:	21537339	27911610	32886943	100	153
в руб.	15600900	20731370	25857301	78,6	166
в %	72,44	74,28	78,62	*	*
2. Организациям	14529858	18400917	20917365	63,6	144
в руб.	10773870	13878544	16435183	50,0	153
в %	74,15	75,42	78,57	*	*
3. Кредитным организациям	2921119	3957996	4230398	12,9	145
в руб.	1101786	1625506	1929421	5,9	175
в %	37,72	41,07	45,61	*	*
4. Физическим лицам	4084821	5550884	7737071	23,5	189
в руб.	3725244	5227319	7492697	22,8	201
в %	91,20	94,17	96,84	*	*

По данным таблицы 5 видно, что наибольший удельный вес в размещенных кредитными учреждениями РФ средствах занимают кредиты, предоставленные организациям (кроме кредитных) – в 2013 г. 63,6 % от общей суммы размещенных кредитов, в том числе в рублях данный вид кредитов составляет 49,97 % от общей суммы кредитования организаций. За 2011-2013г. общий объем кредитования увеличился на 52,7 %, в том числе по кредитам, предоставленным организациям – на 43,96 %, в том числе в рублях – на 52,55 %.

В первом квартале 2014 г. года темпы роста корпоративного кредитования значительно превышают темпы роста розничного. Ухудшение геополитической ситуации привело к тому, что для ряда организаций фондирование за рубежом сильно подорожало, либо стало и вовсе недоступным. Соответственно, крупные клиенты активнее начали кредитоваться в российских банках. В этом периоде доля портфеля корпоративных кредитов в совокупных активах банковского сектора РФ увеличилась.

В 2014г. произошел рост портфеля ипотечных жилищных кредитов [2].

На наш взгляд, ожидаемые перспективы развития банковской системы РФ на 2015г. будут следующими:

1. Следует ожидать постепенного восстановления роста объемов сбережений населения на счетах в банках: панические настроения из-за ослабления рубля и геополитического фактора постепенно исчезают.

2. Ситуация в банковской системе будет определяться и геополитическими факторами: введение новых санкций в отношении России может отразиться на банковском секторе. При этом наиболее логичный сценарий заключается в том, что санкции, в случае их введения, по-прежнему будут носить персональный характер и не коснутся крупнейших кредитных учреждений.

3. Активный рост корпоративного кредитного портфеля продолжится: в текущей ситуации нефинансовые организации нуждаются в финансировании, а российский банковский сектор сейчас наиболее доступный канал для получения фондирования.

4. Продолжится замедление роста портфеля розничного кредитования, а вот ипотечное жилищное кредитование увеличится в совокупном кредитном портфеле банковского сектора России.

ЛИТЕРАТУРА

1 Анушевская А. Как менялась ключевая ставка ЦБ РФ в 2014 году? // Аргументы и факты. 2015.

2 Банковская система в 1 квартале 2014 г.: анализ. обзор, май 2014 // Национальное рейтинговое агентство [Электронный ресурс]. Режим доступа: www.ra-national.ru.

3 Звонова Е.А., Болвачев А.И., Богачева М.Ю. Деньги, кредит, банки: учебник. М.: ИНФРА-М, 2015. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://znanium.com/go.php?id=466417>.

4 Калюков Е. Госдума увеличила размер возмещения по банковским вкладам до 1,4 млн. руб. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://top.rbc.ru/finances/19/12/2014/549411249a79478b9204948d>.

5 Лаврушин О.И., Валенцева Н.И. Банковское дело. М.: КноРус, 2014. 800 с.

REFERENCES

1 Anushevskaya A. The key rate of the Central Bank of the Russian Federation changing in 2014? *Argumenty i fakti* [Arguments and facts], 2015. (In Russ.).

2 Bankovskaya sistema v pervom kvartale 2014 [The banking system in the 1st quarter of 2014]. Available at: www.ra-national.ru (In Russ.).

3 Zvonova E.A., Bolvachev A.I., Bogacheva M.Yu. *Dengi, kredit, banki* [Money, Kredit, Banks]. Moscow, Infra-M, 2015. Available at: <http://znanium.com/go.php?id=466417> (In Russ.).

4 Kalyukov E. Gosduma uvelichila razmer vozmeshcheniya po bankovskim vkladam [The Duma has increased the compensation for bank deposits up to 1.4 million rubles]. Available at: <http://top.rbc.ru/finances/19/12/2014/549411249a79478b9204948d> (In Russ.).

5 Lavrushin O.I., Valentseva N.I. *Bankovskoe delo* [Banking]. Moscow, KnoRus, 2014. 800 p. (In Russ.).

УДК 338.1:637.5

Аспирант И.С. Гусев

(Воронеж, гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики. тел. (4732) 55-27-10

E-mail: 08.00.05@mail.ru

Graduate I.S. Gusev

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of management, production and industrial economy. phone (4732) 55-27-10

E-mail: 08.00.05@mail.ru

Управление устойчивым развитием мясоперерабатывающих предприятий в реализации механизма стратегического планирования

Managing sustainable development of meat processing plants as part of the mechanism of strategic planning

Реферат. Исследованием доказано, что в настоящее время одним из приоритетных научных направлений в рамках реализации Стратегии развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ до 2020 г. является разработка эффективных механизмов устойчивого социально-экономического развития отраслевых предприятий. В данной статье исследована логика стратегического планирования в достижении устойчивого экономического роста, проанализирована структура стратегического планирования, изучен предмет стратегического планирования в управлении устойчивым развитием предприятия, обоснованы основные принципы стратегического планирования в условиях эффективного управления устойчивым развитием отраслевых предприятий, а также предложен комплекс организационно-тактических мероприятий оперативного управления стратегией устойчивого развития предприятия. По результатам наблюдений выявлено, что в настоящее время актуализирована необходимость в целях реализации отраслевых, ведомственных и целевых Государственных Программ внедрения в систему производственного менеджмента научно-методических подходов стратегического планирования. Исследования показали, что данные подходы в своей концептуальной сущности должны основываться на принципе роста потенциала устойчивого развития мясоперерабатывающих предприятий в пространстве и во времени с целью достижения их высоких конкурентных преимуществ. Проведенный системный анализ отраслевой конъюнктуры доказал, что проблема обеспечения устойчивого функционирования и развития мясоперерабатывающих предприятий как проблема управления и контроля является достаточно новой, неизученной и весьма актуальной. Напротив, именно она находится в основе управленческой стратегии современного менеджмента и представляет собой концепцию и методологию так называемого адаптивного развития предприятий в условиях действия различных внешних и внутренних факторов-рисков, которые могут угрожать экономической стабильности и устойчивости.

Summary. Studies have proven that, at present one of the priority research areas as part of the Development Strategy of the Food Processing Industry of the Russian Federation until 2020 is to develop effective mechanisms for sustainable socio-economic development of industrial enterprises. This article investigated the logic of strategic planning within the framework of sustainable economic growth, analyzed the structure of strategic planning, study the subject of strategic planning in the management of sustainable development of enterprises, justified the basic principles of strategic planning for the effective management of sustainable development of industrial enterprises, as well as the complex of organizational tactical activities of operational management strategy for sustainable development of the enterprise. The observation revealed that currently there was a high need for the framework of the branch, departmental and state programs implemented in industrial management of scientific and methodological approaches of strategic planning. Studies have shown that these approaches in its conceptual entity should be based on the growth potential of the sustainable development of meat processing plants in space and time in order to achieve high competitive advantages. Conducted a systematic analysis of industry conditions proved that the problem of sustainable operation and development of meat processing enterprises as a problem of management and control is relatively new, unexplored and highly relevant. On the contrary, it is the basis of modern management strategy and management is a concept and methodology of the so-called adaptive enterprise development under the action of various external and internal factors, risks that may threaten its economic stability and sustainability.

Ключевые слова: управление, устойчивое развитие, стратегическое планирование, отраслевые предприятия.

Keywords: governance, sustainable development, strategic planning, industry enterprises.

С учетом установленных производственно-технических, организационно - управленческих и финансово-экономических показателей развития предприятий мясной промышленности доказано, что в настоящее время актуализирована необходимость в рамках реализации отраслевых, ведомственных и целевых Государственных Программ внедрения в систему производственного менеджмента научно-методических подходов стратегического планирования. Данные подходы в своей концептуальной сущности должны основываться на принципе роста потенциала устойчивого развития мясоперерабатывающих предприятий в пространстве и во времени с целью достижения их высоких конкурентных преимуществ. Комплексный анализ субъектов отраслевой экономики свидетельствует о том, что имеющиеся производственно-экономические возможности большинства предприятий используются не эффективно, поэтому возникает экономическая необходимость наращивания существующего потенциала и разработки новых стратегических решений, направленных на устойчивое социально-экономическое развитие мясоперерабатывающих предприятий [4].

Процесс стратегического планирования в своей концептуальной сущности представляет собой агрегированный набор процедур и решений, с помощью которых осуществляется разработка стратегий предприятий, обеспечивающих достижение системы целей устойчивого развития. Функционирование механизма управления и принимаемые на его основе научно обоснованные решения формируют стратегию развития предприятий, которая позволяет субъектам хозяйствования обеспечить высокий темп экономического роста (рисунок 1).

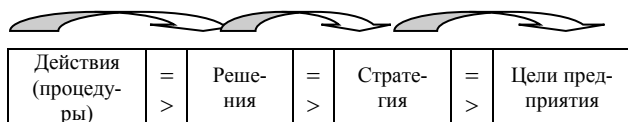


Рисунок 1. Логика стратегического планирования в рамках достижения устойчивого экономического роста

Процесс стратегического планирования является, на наш взгляд, механизмом, с помощью которого обосновываются, проходят отбор и мониторинг управленческие решения в области производственно-хозяйственной деятельности. Его целевая задача заключается в

обеспечении нововведений и организационных изменений, необходимые для построения модели устойчивого развития отраслевых предприятий. Как процесс, стратегическое планирование, по мнению И. П. Богомоловой, И. Н. Василенко и Д. В. Шайкина, включает четыре видовые функции: распределение ресурсов, адаптацию к внешней среде, внутреннюю координацию и регулирование, выработку организационных стратегий [2].

Стратегическое планирование можно рассматривать как динамический конгломерат взаимосвязанных управленческих процессов, которые логически взаимосвязаны. В тоже время существует устойчивая обратная связь и влияние каждого процесса на остальные (рисунок 2).

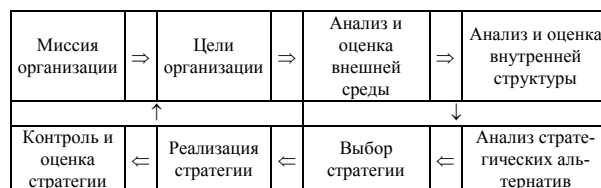


Рисунок 2. Структура стратегического планирования

Исследование, основывающееся на проведении системного анализа соответствия стратегических и тактических целей результатам процесса активизации потенциала во времени и пространстве, относится к проблемам обеспечения устойчивого развития отраслевых предприятий лишь в принципиально-косвенном виде, поскольку достижение установленных целей экономического роста как на базе имеющегося, так и на базе наращиваемого потенциала, несомненно, способствует более устойчивому развитию мясоперерабатывающих предприятий. Однако процесс управления экономическим развитием, в рамках неопределенности и высоких прямых и косвенных рисков, непосредственно связан с обеспечением устойчивости, поскольку данный процесс является объективной реакцией на внешнюю и внутреннюю нестабильность и представляет собой систему контроля, регулирования и управления за счет изменения потенциальных возможностей, в том числе организационных, производственных, финансовых, кадровых, управленческих, и выработки новых стратегий, что обеспечивает планомерный переход предприятия из одного стабильного состояния в другое. Таким образом, предмет стратегического планирования графически проиллюстрирован на рисунке 3.

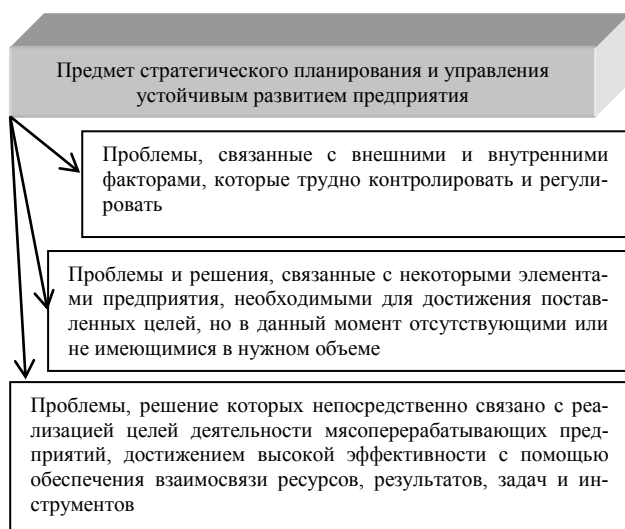


Рисунок 3. Предмет стратегического планирования в аспекте управления устойчивым развитием предприятия

В концепциях стратегического менеджмента представлены четкие позиции отраслевого предприятия, которые представляют собой систему принципов, методов, критериев и целей его функционирования, механизмов взаимодействия субъекта и объекта управления устойчивым развитием, характер взаимоотношений между элементами производственно-хозяйственной и организационной структур и форм адаптации к постоянно изменяющимся условиям внешней и внутренней среды [1].

Процесс управление путем многоуровневого ранжирования стратегических целей и задач представляет собой создание мобилизационной системы, ориентированной на предупреждение событий в зависимости от степени риска, важности и срочности. Поэтому эта система должна включать в себя: постоянный мониторинг всех тенденций развития и изменений; анализ с целью выявления рисков ситуации; оценку уровня опасности; подготовку решений специально созданными оперативными группами; принятие решения и контроль со стороны менеджеров высшего звена. Основными принципами стратегического планирования эффективного управления устойчивым развитием предприятий мясной отрасли являются следующие (рисунок 4).

Исследования доказали, что проблема обеспечения устойчивого функционирования и развития мясоперерабатывающих предприятий как проблема управления и контроля является достаточно новой и неизученной. Однако, именно она находится в основе управленческой стратегии современного менеджмента и представляет собой концепцию и методологию

так называемого адаптивного развития предприятия в условиях действия различных внешних и внутренних факторов-рисков, которые могут угрожать его экономической стабильности и устойчивости [5].

На современном этапе развития научной парадигмы следует считать, что наиболее действенным инструментом обеспечения устойчивости является метод управления на основе выявления слабых сигналов опасности. Данный метод наиболее эффективен при высоком уровне нестабильности, когда возникает объективная необходимость принятия решения на предупреждение вне зависимости от частоты сигналов об опасности. Это представляет собой первый уровень управления устойчивым развитием на основе слабых сигналов [2].



Рисунок 4. Основные принципы стратегического планирования в условиях эффективного управления устойчивым развитием отраслевых предприятий

Второй уровень связан с подготовкой комплекса мер, направленных на минимизацию степени незащищенности предприятий и повышение их гибкости с целью быстрого реагирования на уровне ясных и определенных сигналов опасности, то есть в этом случае весомую роль играет фактор времени. Это связано с тем, что в случае резкой дестабилизации ситуации времени на выработку и принятие правильных решений может не хватить. Соответственно выделяются еще два уровня в зависимости от степени конкретизации факторов опасности. Также в данном контексте используется система чрезвычайных мер при стратегических рисках, которая реагирует на факторы нестабильности и внезапных угроз, воз-

возможностей нанесения крупного ущерба или вопреки планированию, когда возникающие задачи не имеют конкретных решений, а также в иных экстремальных случаях. И все-таки данная система с набором типовых решений, которые могут использоваться при чрезвычайных обстоятельствах, ориентированная на получение специальной информации, перераспределение и делегирование обязанностей, создание групп оперативного управления и так далее. Таким образом, обозначенная система реагирует на чрезвычайные обстоятельства типовым способом [3].

Проблема прогнозирования критических параметров производственно-экономической деятельности предприятия в устойчивом режиме связана с тем, что различные элементы и подсистемы имеют различные критические точки. Это серьезно затрудняет диагностику и мониторинг дестабилизационных процессов и приводит к использованию методологии и эмпирики стратегического реинжиниринга, то есть комплексного изменения всей системы управления, чтобы планомерно, системно и целенаправленно изменять отдельные элементы или процессы. В целом высокие темпы изменений, на наш взгляд, нельзя оценить однозначно, но, безусловно, резкие, конкретные изменения системы хозяйствования в масштабах отрасли, региона, макроэкономических параметров национальной экономики, экономической политики имеют высокую степень риска в рамках механизма устойчивого развития конкретных предприятий. Это связано с тем, что в основе их структуры, методики функционирования и целей развития лежит направленность на достижение стабильности в отношении к внешним факторам, а целью адаптации является состояние устойчивости. Поэтому деятельность конкретного предприятия по определению инерционна и не допускает без условий риска четкого изменения внешних условий деятельности.

По нашему мнению, общеметодологическое решение обозначенной проблемы заключается в построении целостной модели функционирования и развития субъекта хозяйствования по двум направлениям: как модели актуально действующей, так и модели (моделей) будущей перспективы. В этом заключается концептуальная идея реализации первичного принципа стратегического планирования устойчивого развития отраслевых предприятий. Отметим, что разрабатываемые модели оперативного управления реализацией страте-

гии устойчивого развития предприятия должны представлять собой хорошо спланированный и скоординированный комплекс организационно-тактических мероприятий, представленных на рисунке 5.

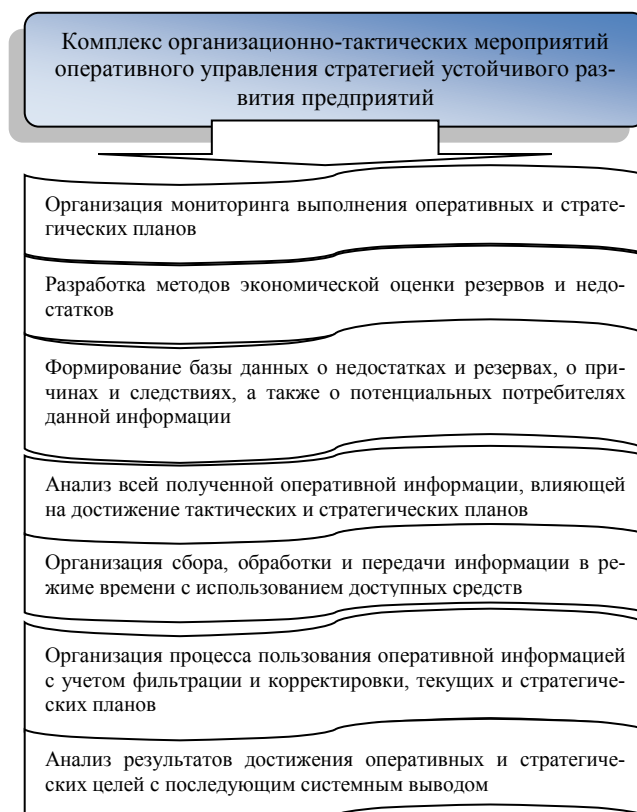


Рисунок 5. Комплекс организационно-тактических мероприятий оперативного управления стратегией устойчивого развития предприятия

Обобщая все вышеизложенное, приходим к выводу, что устойчивое развитие предприятия есть непрерывный процесс изменений и перехода от старой структуры (устойчивости) к относительно новой устойчивой динамической структуре. В свою очередь, этот процесс происходит как путем конкретных постепенных изменений, так и может носить радикальный характер (стратегический реинжиниринг). Тем не менее, предприятие в каждый конкретный рискованный момент обладает и (или) должно обладать вполне определенной структурой (устойчивостью), а также динамикой (адаптацией) и не может представлять собой непрерывный процесс становления или находиться в состоянии перманентной реорганизации. Предприятие есть устойчивая статическая или динамическая структура, а перепроектирование организации – это переход (плавный или резкий) от одного рода устойчивости и характера организации к другому более качественному и эффективно функционирующему [1].

Устойчивое развитие не предполагает идеологии стратегического реинжиниринга с радикальной сменой целей, методов и процессов достижения будущих конкурентных преимуществ, что возможно реализовать только в условиях значительных финансовых вложений с максимальным риском и отложенной эффек-

тивностью. Однако, как показывает практика, во многих случаях этого и не требуется. Стратегия эксплуатационной эффективности, устойчивого развития, как представляется, является наиболее адекватной для обеспечения качественного роста отечественных предприятий мясоперерабатывающей промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1 Богомолова И.П., Шайкин Д.В. Проблемы и перспективы устойчивого развития сельских территорий Воронежской области // Материалы Всероссийской научно-практической конференции 17-19 ноября «Актуальные проблемы развития науки в современной России», 2011 г., Ч. 1. Воронеж: Институт экономики и права, 2011. С. 72-75.

2 Богомолова И.П., Василенко И.Н., Шайкин Д.В. Реализация стратегии социально-экономического развития муниципальных образований Воронежской области на основе сельских молодежных жилищно-производственных комплексов: Анализ, прогнозирование и регулирование социальной устойчивости регионов: коллективная монография. Санкт-Петербург: «ЛЕМА», 2012. С. 459 – 475.

3 Богомолова И.П., Гусев И.С. Управление системой качества как эффективный инструмент устойчивого развития мясоперерабатывающих предприятий // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. № 1 (10). С. 175-178.

4 Вавилов В.В. Стратегии, которые помогают выйти из кризиса победителем: опыт зарубежных компаний // Генеральный директор. 2011. №7. С. 62-66.

5 Клейнер Г.Б. Стратегия предприятия. М.: Дело, 2008. 567 с.

6 Лубков В.А. Стратегическая модель развития коммерческой организации // Экономический анализ: теория и практика. 2012. №28. С. 51-57.

7 Ишевский А.Л., Marin Iniesta F. Перспективы и риски агропромышленного комплекса Российской Федерации в условиях закона убывающей эффективности // Вестник Международной академии холода. 2014. № 3. С. 53-57.

REFERENCES

1 Bogomolova I. P., Shaikin D.V. Problems and prospects for sustainable development in rural areas of the Voronezh Region. Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Proceedings of the All-Russian scientific-practical conference on November 17-19. Actual problems of science in modern Russia: 2011 Part 1]. Voronezh, Institute of Economics and Law, 2011. pp. 72 – 75. (In Russ.).

2 Bogomolova I. P., Vasilenko I.N., Shaikin D.V. Realizatsiya strategii sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya munitsipal'nykh obrazovaniy [Implementation of the strategy, social and economic development of municipalities of the Voronezh region on the basis of rural youth housing and industrial complexes: Analysis, Forecasting and social stability of the regions: collective monograph] Sent-Petersburg, LEMA, 2012. pp. 459 – 475. (In Russ.).

3 Bogomolova, I. P., Gusev, I.S. Management quality system as effective instrument sustainable development of meat processing plants. *Ekonomika. Innovatsii. Upravlenie kachestvom*. [Economics. Innovation. Quality management], 2015, no. 1 (10), pp. 175 – 178. (In Russ.).

4 Vavilov V.V. Strategies that are help emerge from the crisis a winner: the experience of foreign companies. *General'nyi direktor*. [General Director], 2011, no. 7, pp. 62 – 66. (In Russ.).

5 Kleiner G.B. Strategiya predpriyatiya [The strategy of the company]. Moscow: Business, 2008. 567 p. (In Russ.).

6 Lubkov V.A. Strategic model of the development of commercial organizations. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika*. [The economic analysis: theory and practice]. 2012, no. 28, pp. 51-57 (In Russ.).

7 Ishevskii A.L., Marin Iniesta F. Prospect and risks of agroindustrial complex in the Russian Federation under the conditions of the law of diminishing efficiency. *Vestnik Mezhdunarodnoi akademii kholoda*. [Bulletin of the International Academy of Refrigeration], 2014, no 3, pp. 53-57. (In Russ.).

УДК 338.054.23

Аспирант С.А. Лоскутов

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра управления, организации производства и отраслевой экономики. тел. (4732) 55-27-10

E-mail: loskytovsa@mail.ru

Graduate S. A. Loskutov

(Voronezh stat university of engineering technologies) Department of Management, production and industrial economy. phone (4732) 55-27-10

E-mail: loskytovsa@mail.ru

Основные факторы, критерии и принципы ресурсосбережения в условиях современного хозяйствования

The main factors, criteria and principles of resource management in today's

Реферат. По мнению отечественных и зарубежных ученых, в настоящее время экономические системы всего мира испытывают серьезные проблемы в области ресурсообеспечения, ресурсопотребления и ресурсосбережения, которые затрагивают все сектора экономики и производственной деятельности. Анализ производственно-технических, организационно-управленческих и социально-экономических показателей доказал, что хлебопекарный комплекс является важной составляющей отечественной пищевой промышленности. Исходя из данного установленного факта, проведен ретроспективный анализ отрасли и выполнена оценка результатов научно-отраслевых исследований настоящего и перспективного будущего, результаты которых с позиции статистики и динамики позволили сформировать синкретический конгломерат внутриотраслевых проблем. Среди первоочередных проблем развития отечественных предприятий хлебопекарной промышленности и всего народного хозяйства России были выделены проблемы рациональности, ресурсосбережения и энерго-ресурсоэффективности производственно-технологических единиц не зависимо от форм и методов ведения производственно-хозяйственной деятельности. Недостаточность развития научно-методических подходов и практических решений в сфере анализа, оценки, контроля, мониторинга и регулирования ресурсоориентированной производственно-экономической деятельности отраслевых предприятий актуализирует необходимость проведения комплексного исследования природы дефицитности отраслевых ресурсов и формирования научно-практических решений, направленных на совершенствование механизма ресурсосбережения отечественных предприятий, хлебопекарной промышленности. В данной статье исследована группа факторов, формирующих политику ресурсосбережения на предприятии, выявлены критерии нерациональной организации процесса ресурсопотребления в условиях современного хозяйствования, сформирована система элементов организации процесса ресурсосбережения на предприятии, обоснованы принципы ресурсосбережения в масштабах государства. В рамках сформированной системы принципов, критериев и факторов рационального и эффективного использования ресурсов в условиях современного хозяйствования, первоочередными и наиболее важными являются вопросы выявления и раскрытия особенностей развития отраслевых предприятий в рамках механизма их ресурсоэффективности.

Summary. According to domestic and foreign scientists, currently economic systems around the world are experiencing serious problems in resourcing, resource use in all sectors of the economy and production activities. Analysis of production and technical, organizational and management and socio-economic indicators showed that baking is an important part of the complex-those reflected domestic food industry. Based on this established fact, was a retrospective analysis of the industry and the evaluation of the results of scientific and industrial research and promising future of this, all this, from the perspective of statics and dynamics, allowed to form a syncretic conglomerate intra problems. Among the priority issues of development of domestic enterprises of the baking industry and the entire economy of Russia, have been isolated problems of rationality, resource and energy resource efficiency industrial technological units regardless of the forms and methods of production and economic activity. Sufficiently development of scientific and methodological approaches and practical solutions in the field of analysis, evaluation, control, monitoring and management of natural resource based production and economic activities of industrial enterprises actualize the need for a comprehensive study of the nature of the scarcity of resources and industry forming scientific and practical solutions to improve the mechanism domestic resource bakeries. This paper studied a group of factors shaping policy in the enterprise resource, identified criteria irrational organization of the process of resource in today's economy, formed a system of organizing the process of resource elements in the enterprise resource principles grounded on a national scale. As part of the generated system of principles, criteria and factors of rational and efficient use of resources in today's economy, paramount, the most important approximations are focused on identifying and disclosing the features of industrial enterprises in the framework of the mechanism of their resource efficiency.

Ключевые слова: ресурсосбережение, управление, факторы, критерии, принципы.

Keywords: resource management, factors, criteria, principles.

Вопросы ресурсосбережения и ресурсоэффективности в условиях современной экономической парадигмы представляются весьма актуальными, перспективными и исключительно важными. Как показывают аналитические данные и статистические наблюдения, ресурсный потенциал находится в дефиците, а то, что некоторые из ресурсов присутствуют в необходимом объеме, не всегда свидетельствует об их безграничном количестве. Степень удовлетворения потребностей современного общества пропорциональна уровню полноты использования всех имеющихся в распоряжении ресурсных запасов. В условиях преодоления последствий мирового финансово-экономического кризиса 2008-2010 гг. и введенных против России санкций 2014 г., требующих активизации всех резервов рациональной экономики, вопросы ресурсосбережения становятся стратегическими.

По мнению отечественных и зарубежных ученых, в настоящее время экономические системы всего мира испытывают серьезные проблемы в области ресурсообеспечения, ресурсопотребления и ресурсосбережения, которые затрагивают все сектора экономики и производственной деятельности [7].

Как подтверждают результаты исследования многих аналитических агентств, отечественная экономика пока подвергается ряду не самых совершенных реформаторских подходов в значительной мере благодаря именно высокому запасу природным ресурсам. Отсюда следует, что в качестве первоочередной задачи должна рассматриваться проблема выстраивания недостающей для модернизации национальной экономики связи: природные ресурсы - производственный комплекс - ресурсосберегающий хозяйственный механизм.

На современном этапе хозяйственного развития сложилась экономическая ситуация, при которой проблема ресурсосбережения носит экстраординарный характер, и ее решение настоятельно требует построения целостной, многоуровневой модели хозяйствования ресурсосберегающего типа. При этом, проходящая трансформация экономики раскрывает сложность этой задачи и точнее выявляет масштабы предстоящей работы именно в контексте совершенствования организационно-экономического механизма ресурсосбережения. Он должен строиться путем последовательного учета всех принципов, критериев и факторов ресурсосбережения на всех уровнях системы управления (при выработке экономической политики, методов хозяйственного контроля, систем организации производства),

целенаправленного совершенствования действующих и создания новых организационных структур, адекватных современной модели хозяйствования и администрирования [1, 2].

Многоаспектность ресурсосберегающей политики и многообразие факторов, определяющих результативность и адекватность этой деятельности, многочисленность пересечений функциональных связей между звеньями, обеспечивающими ресурсосбережение, требуют новых инновационно-инвестиционных, ориентированных подходов, обладающих свойствами комплексности и системности.

Роль процессов ресурсосбережения в рамках отдельной экономической системы обуславливает необходимость не столько поиска и разработки мероприятий, направленных на рационализацию и оптимизацию ресурсопотребления, сколько совершенствования и модернизации комплексной модели экономики ресурсосберегающего типа, в частности, на уровне отдельного предприятия как действующего в реальном секторе экономике хозяйствующего субъекта. При этом, данный подход должен исходить из последовательного учета факторов, критериев и принципов ресурсосбережения на всех уровнях управления, целенаправленного совершенствования действующих управленческих структур [3].

Данная позиция представлена в научной литературе учеными-экономистами И.П. Богомоловой, Н.М. Шатохиной, А.М. Мантулиным. В свете экономической парадигмы ресурсосбережения, данное понимание вопроса представляется весьма значимым и ценным концептуальным решением.

Как показали исследования, в современных условиях кардинально изменились принципы, критерии и факторы ресурсоэффективного функционирования промышленных предприятий, что приводит к изменениям в экономическом содержании методов ресурсосбережения. Разрабатывая политику ресурсосбережения, предприятие должно также определить ключевые факторы, оказывающие воздействие на эффективность применяемых методов и степень достижения целевых показателей в рамках их ресурсоориентированной деятельности предприятия. С этой целью следует, прежде всего, проводить многосторонний текущий и стратегический анализ деятельности, включая:

- анализ объемов производства и ресурсопотребления (состав и структура потребляемых материально-технических ресурсов);
- оценку динамики изменения величины ресурсопотребления во времени и в пространстве;

- выявление этапов и направлений движения ресурсов в рамках технологической цепочки производства продукции;
- оценку степени учета и контроля за использованием ресурсов;
- изучение уровня технико-технологической оснащенности производства и процента морального и физического износа основных производственных фондов.

Отметим высокий уровень качественного и количественного состава обозначенных элементов исследования (факторов), которые классифицируются и подразделяются на основе различных научных подходов и направлений на многочисленные группы, классы и системы. Среди всего многообразия выделим и дадим характеристику, на наш взгляд, основным, ключевым факторам воздействия на подсистему ресурсосбережения и ресурсопотребления (рисунок 1).

В свою очередь, основные направления экономии и рационального использования материальных ресурсов подразделяются на груп-

пы, обеспечивающие либо техническое, либо экономическое развитие. Техническое развитие включает: проектирование и использование экономичных видов средств производства — минимизацию технологических отходов, снижение уровня потребления топливно-энергетических ресурсов, повышение эксплуатационных характеристик оборудования и машин; совершенствование конструкции производимых средств труда, то есть снижение массы и габаритов технических устройств, стандартизацию, типизацию и унификацию деталей и сборочных единиц, взаимозаменяемость узлов и агрегатов, расчет необходимой и достаточной надежности деталей в конкретных условиях эксплуатации, повышение технологичности и эргономичности оборудования, установление оптимальных технических характеристик; модернизацию и использование типовых технологических процессов, применение унифицированных технических устройств, заменителей редких и дорогостоящих материалов.

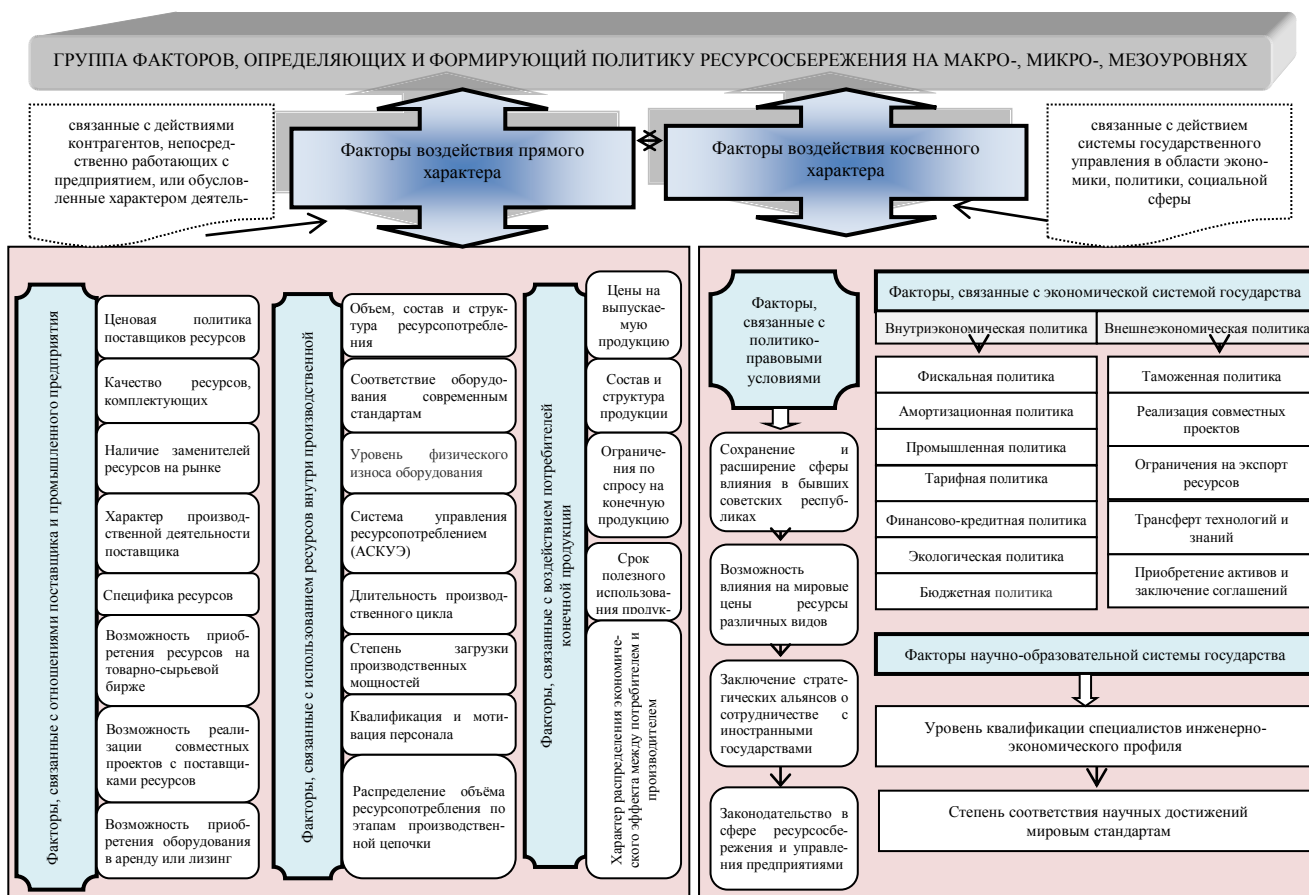


Рисунок 1. Группа факторов, формирующих политику ресурсосбережения на предприятии

Экономическое развитие направлено на совершенствование управления процессами — развитие межотраслевой кооперации и специализации, набор оптимальных вариантов кон-

троля и планирования на различных уровнях; применение современных методов учета материальных ресурсов, оценки их расхода, прогнозирование и планирование потребностей;

снижение коэффициента потерь материальных ресурсов на всех стадиях производственного цикла, строгое соблюдение технологической дисциплины, активное внедрение различных международных стандартов, повышение культуры производства, качества технологических операций и продукции.

Проведенная классификация факторов прямого воздействия позволяет определить сферу влияния конкретного фактора, объект влияния и возможный субъект управления. В свою очередь, это дает широкую возможность выбора наиболее адекватных методов управления, позволяющих достичь заданную целевую установку наиболее рациональным способом.

Например, фактор прямого воздействия - длительность производственного цикла. Сокращение длительности производственного цикла приводит к сокращению финансового цикла, а это, в свою очередь, к увеличению ликвидности и росту темпов оборачиваемости оборотных средств предприятия.

Рассмотренные факторы косвенного воздействия также позволяют более четко определить сферу их влияния и характер воздействия, очертить круг интересов каждой из сторон, а также определить субъекты управления и методы управления, контроля, учета и планирования.

На основе выявления факторов прямого и косвенного влияния, их систематизации, обобщения, качественной и количественной оценки можно применять соответствующие методы управления процессом ресурсосбережения. Методы управления призваны интенсифицировать процесс ресурсосбережения на уровне отдельного субъекта хозяйствования, сместив вектор направления мероприятий по повышению эффективности использования ресурсов в нужном направлении [5].

Согласно экспертным оценкам доля влияния перечисленных факторов на ресурсосбережение распределяется следующим образом: в техническом развитии проектирование и использование экономичных видов средств труда – 28 %, совершенствовании конструкций средств труда – 25 %, производственно-технологическом процессе – 22 %; в экономическом развитии управление процессами – 23 %, управлении, учете и контроле материально-сырьевыми ресурсами – 20 %, системе организации и контроля – 17 %.

Проблема ресурсосбережения является комплексной проблемой синергетического и носит мультипликативный характер (техничес-

технологический, торгово-экономический, финансово-кредитный, внешнеэкономический, инновационно-инвестиционный, экологический, социальный, административный, нормативно-правовой, информационный). Следовательно, направления государственного управления ресурсосбережением должны охватывать все эти аспекты во взаимосвязи [8, 9, 11].

Как известно, высокий уровень ресурсоемкости, особенно трудоемкости, материало-емкости, энергоемкости и отходоемкости отечественного промышленного производства приводит к ряду негативных последствий, характеризующихся конкретными критериями, к которым, прежде всего, необходимо отнести следующие (рисунок 2).

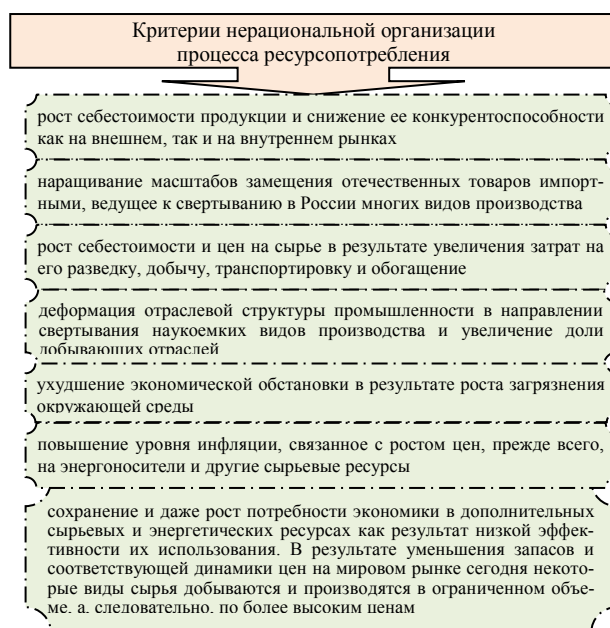


Рисунок 2. Критерии нерациональной организации процесса ресурсопотребления в условиях современного хозяйствования

Учитывая рост жесткой конкуренции в условиях инновационного развития экономики России, есть все причины считать развитие пищевой промышленности на основе ресурсосберегающего механизма наиболее эффективным и оптимальным, а также способным создать значительный потенциал к устойчивому социально-экономическому росту и обеспечить высокую конкурентоспособность.

В настоящее время, проблема ресурсосбережения и комплексного использования сырья для отечественной пищевой промышленности особенно важна и требует в своем решении реализации быстрых и адекватных мероприятий, поскольку, как свидетельствует статистический расчет, при переработке сырьевых ресурсов в

процессе выработки основной продукции эффективность их использования находится в пределах 15-35 %, а оставшейся часть переходит в отходы первого и второго порядка [10].

Процессы рационализации представляют собой базовый критерий применения ресурсосберегающих технологических решений, направленных, в первую очередь, на комплексные изменения производственных систем и переход от малоэффективных и высокозатратных принципов ведения производственно-хозяйственной деятельности к совершенно новым инновационным способам и решениям, обеспечивающим распространение систем производства замкнутого цикла с максимальной переработкой всех ресурсов и минимальными потерями их в виде отходов [6]. Но все это, на наш взгляд, достижимо только в условиях формирования многоаспектного комплекса принципов ресурсосбережения.

Процесс формирования ресурсосберегающих принципов представляет собой проведение процессно-ситуационного анализа и выявление имеющегося потенциала на организационно-управленческом уровне, который может в максимальной степени обеспечить оптимальную эффективность ресурсопотребления в масштабах всей экономики.

Ресурсосбережение на любом уровне хозяйствующем субъекте экономической системы должно создавать условия для базового, комплексного развития в рамках целевой функции, направленной на активизацию его технологического, научно-технического, производственно-экономического и кадрового потенциала, а также минимизацию активных и (или) пассивных экономических угроз, связанных, например, с неэффективной научно-промышленной политикой государства в области ресурсосбережения, либо формированием высококонкурентной внешней среды [4].

Необходим постоянный мониторинг и корректировка состояния юридических, экономических отношений, организационных связей, материальных и интеллектуальных ресурсов предприятия, при котором обеспечивается стабильность его функционирования, достижение финансово-коммерческого успеха, прогрессивное научно-техническое и социальное развитие в рамках действующих тенденций мировых экономических, производственных и научных преобразований.

Система элементов организации процесса ресурсосбережения на предприятии представлена на рисунке 3.



Рисунок 3. Система элементов организации процесса ресурсосбережения на предприятии

С целью адаптации процесса ресурсосбережения к организационным и экономическим методам инновационного ресурсозамещения в рамках исследуемого механизма, в общем процессе разработки и производства инновационной продукции, мы пришли к выводу о целесообразности использования особых принципов адаптации, использование которых уместно в контексте ресурсозамещения и способствует эффективному решению проблем ресурсопотребления.

Рассмотрим принципы ресурсосбережения в масштабах страны по элементам и уровням иерархии (рисунок 4).



Как показали дальнейшие исследования научно-методических подходов в области экономики и рационального применения ресурсов, с использованием принципов ресурсозамещения разрабатываются и адаптируются к современным отраслевым условиям модель и механизм управления ресурсосбережением.

Названный механизм должен содержать элементы и подсистемы, минимизирующие дисбаланс целевых характеристик и показателей управления ресурсоориентированным развитием субъекта.

В состав описываемой системы требуется включить методы оценки параметров конкурентной среды предприятия, данные о начальных и граничных целевых характеристиках и алгоритм оценки и мониторинга, а также инструмент регулирования и корректировки механизма сбережения ресурсов.

В условиях отдельного предприятия обозначенные принципы должны иметь высокую степень адаптации к конкретным объектам, технологиям, возможностям, стандартам и иным факторам внешнего и внутреннего влияния.

Методы ресурсосбережения представляют собой многоцелевые, конкретные технологические способы, организационные, экономические, социальные, психологические решения в области экономного расходования ресурсов на отдельную единицу полезного эффекта (работы) по инновационному варианту технологического режима в сравнении с заменяемым вариантом. Методы ресурсосбережения основываются на организационно-технических мероприятиях, например, по смене физически и (или) морально устаревшей техники и (или) технологий, отраслевого оборудования, организационных бизнес-проектов, экономических и других методов управленческих решений. В рамках страны (региона) стратегический план ресурсосбережения должен разрабатываться и реализовываться на долгосрочную перспективу (отметим, что в США в настоящее время реализуется программа ресурсосбережения на период до 2050 г.), в том числе и на основе рассмотренных выше принципов [4, 8].

Ученые теоретики и практики выявляют зависимости между показателем полезного эффекта товара за определенный срок службы и совокупными прямыми и косвенными затратами за жизненный цикл, начиная со стратегической идеи в плане маркетинга и завершая утилизацией после использования.

Исследования доказали, что в условиях инновационного развития отечественных субъектов экономических взаимоотношений на уровне пятых и шестых технологических укладов приобретают актуальность, во-первых, разрешение вопросов дисбаланса ресурсного потенциала зарубежных и отечественных предприятий; во-вторых, создание индустриальной системы инновационно-технологического потенциала в рамках растущих потребностей мирового общества и низ-

кого потенциала отечественных предприятий в совершенствовании и управлении ресурсоэффективными технологиями; в-третьих, определение остроты и актуальности поля системных проблем разработки и совершенствования механизмов контроля и управления высокотехнологичным, ресурсоэффективным развитием производственных единиц.

Основные факторы, критерии, принципы эффективного, инновационного функционирования и устойчивого развития предприятий в стратегическом масштабе должны быть достигнуты и реализованы в условиях разрешения вышеуказанных несоответствий. В современных условиях, как свидетельствуют многочисленные источники, действующие системы управления ресурсным потенциалом большинства отечественных промышленных предприятий не способствуют внедрению своевременных разработок и не создают первостепенных условий по реализации стратегий инновационного развития в рамках обозначенных критериев, факторов и принципов ресурсосбережения. Вместе с тем, эти показатели весьма значимы в условиях глобального экономического порядка.

Для достижения обозначенной цели требуется решение задач по обеспечению устойчивого и инновационного характера развития производственных систем на базе соответствия целевых характеристик уровня качества управления и альтернативных направлений стратегии ресурсосбережения [10].

На современном этапе развития предлагается создание концептуальной модели, включающей набор целей, задач и критериев, системы показателей, а также принципы их определения, образующих в едином комплексе методологию и алгоритм исследования. Выделенные регуляторы механизма ресурсоэффективности (цели, принципы, критерии, факторы) обеспечивают адаптивность его структуры и функциональность поведения для стабильности и эффективности качества управления инновационным развитием процесса ресурсосбережения системы. Мы пришли к выводу, что наиболее важным регулятором является фактор функционально-параметрического регулирования.

Данный фактор заключается в прогрессивных, последовательно-поддерживающих мероприятиях, направленных на достижение высокого качества и интенсивности использования существующих (базовых) критериев и принципов управления ресурсосбережением. Он обеспечивает стабильность уровня ресурсопотребления инновационного характера и отраслевых целевых характеристик процесса ресурсосбережения.

Направление ресурсоэкономного развития предприятия и базовые принципы управления ресурсосбережением должны наиболее полно учитывать характеристики объекта и уровни принятия управленческих решений. Как свидетельствует анализ, вектор развития системы ресурсопотребления задается и характеризуется дискретными параметрами в виде отдельных качественных и количественных показателей. При этом, динамика развития объекта оценивается показателями ресурсоэффективности, а системы управления - уровнями качества ресурсосбережения.

Система управления ресурсосбережением должна рассматриваться в разных плоскостях и с разных точек зрения. Это позволяет достичь высокой структурированности процесса оптимизации ресурсного потенциала на множество элементарных единиц и уровней. Деление по уровням управления позволяет установить четкое соответствие по моделям нано-, микро-, мезо-, макро- и мегауровней. Горизонтальная плоскость характеризует процесс перехода от текущего (начального) к перспективному (будущему) состоянию ресурсопотребления предприятия.

В условиях проведения эффективной и рациональной политики ресурсоэффективности, прежде всего, следует учитывать динамику изменения издержек интеллектуальных ресурсов, сформированных по рассмотренным принципам процесса ресурсосбережения. Все это позволяет практически достичь целей и задач от высшего до нижнего уровней управления, стратегического, тактического, оперативного, а также технического и функционального уровней.

Следует отметить целесообразность принятия во внимание факторов накопления стоимости. Данный подход основывается на принципах добавленной стоимости, долгосрочности, замкнутости и цикличности про-

цессов инновационного ресурсосбережения на всех этапах производственного цикла субъекта хозяйствования. При этом на каждом из этапов реализации политики эффективного использования ресурсов и минимизации издержек производства следует формировать и проводить мониторинг системы специальных принципов управления ресурсосбережением.

Применение данных функций способствует реализации четырех групп факторов в действующих практических экономических системах и соответствующих методов оценки ресурсоемкости и управления затратами.

Одно из основных направлений ресурсосберегающей деятельности основывается на рациональной организации работы в сфере максимального использования отходов в хозяйственном обороте. Рациональное использование вторичных ресурсов содействует решению комплекса социально-экономических проблем, включая, в первую очередь, совершенствование сырьевой базы экономики, увеличение темпов наращивания объемов и ассортимента выпускаемой продукции, минимизацию издержек хозяйствования, снижение уровня выбросов в окружающую среду.

Таким образом, использование вышеизложенных научных положений, в рамках сформированной системы принципов, критериев и факторов рационального и эффективного использования ресурсов в условиях современного хозяйствования, на наш взгляд, первостепенными, наиболее важными являются вопросы выявления и раскрытия особенностей развития отраслевых предприятий в механизме их ресурсоэффективности. Данные моменты требуют системного анализа, комплексного подхода и всестороннего обоснования, что позволит достигнуть целевой установки по практическому внедрению и реализации мероприятий ресурсосбережения на конкретных субъектах современного хозяйствования.

ЛИТЕРАТУРА

1 Богомолова И.П., Пасынкова О.М. Организационно-экономические аспекты устойчивого развития предприятий на основе ресурсосбережения. Воронеж: Изд-во Ворон. гос. техн. акад., 2004. 175 с.

2 Богомолова И.П., Сапронова Л.М. Управление товарными ресурсами промышленных предприятий системы потребительской кооперации. Воронеж: Изд-во «ИСТОКИ», 2005. 160 с.

3 Богомолова И.П., Кульнева Н.Г., Мантулин А.М. Научно-методические подходы к управлению ресурсосбережением на предприятиях сахарной промышленности: монография. Воронеж : ЦНТИ, 2012. 185 с.

4 Воронин В.П., Шатохина Н.М., Богомолов А.В. Методы и инструменты развития предприятий зернопродуктового комплекса как социально-экономической системы: монография. Воронеж: ЦНТИ, 2013. 189 с.

5 Исмагилов Р.Х. Факторы ресурсосбережения в современных условиях // Вопросы инновационной экономики. 2012. № 4 (14). С. 60-66.

6 Семенов Н.Н. Управление ресурсосберегающей деятельностью. Москва. : Гуманитарный институт, 2011. 47 с.

7 Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности РФ на период до 2020 г., утвержденная распоряжением Правительства РФ от 17.04.2012 № 559-р (Собрание законодательства РФ 2012, № 18, ст. 2246) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mcx.ru> (19 января 2015 г.).

8 Стратегия и управление [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.strategplann.ru> (10 января 2015 г.).

9 Топузов Н.К. Моделирование механизма управления ресурсосбережением корпорации // Южно-уральского государственного университета. Серия «Экономика и менеджмент». 2009. №8. С.63-68.

10 Управление экономическими системами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.uecs.ru> (14 января 2015 г.).

11 Шатохина Н. М., Богомолов А. В., Лоскутов С. А. Оценка конкурентной среды как фактор повышения качества управления региональными хлебопекарными предприятиями // Экономика. Инновации. Управление качеством. 2015. № 1 (10). С. 223 – 227

REFERENCES

1 Bogomolova I.P., Pasyukova O.M. Organizational and economic aspects of sustainable development of enterprises on the basis of resource conservation. Voronezh: Publishing House of the Raven. state. tehn. Acad., 2004. 175 p. (In Russ.).

2 Bogomolova I.P., Sapronova L.M. Management of commodity resources industrial-represented

businesses of consumer co-tion. - Voronezh: Publishing house "ISTOKI", 2005. 160 p. (In Russ.).

3 Bogomolov I.P., Kulneva N.G., Mantulin A.M. Scientific and methodological approaches to the management of resource conservation at the sugar industry: a monograph. Voronezh: CSTI, 2012. 185 p. (In Russ.).

4 Voronin V.P., Shatokhina N.M., Bogomolov A.V. Methods and tools for the development of enterprises of grain products as complex socio-economic system: a monograph. Voronezh: CSTI, 2013. 189 p. (In Russ.).

5 Ismagilov A.D. Resource factors in modern conditions. Problems of the innovation economy. 2012. № 4 (14). P. 60-66. (In Russ.).

6 Semenov N.N. Resource-management activities. Moscow. Humanities Institute, 2011. 47 p. (In Russ.).

7 Development Strategy for the Food Processing Industry of the Russian Federation for the period up to 2020, approved by Decree of the Government of the Russian Federation from 17.04.2012 № 559-p (Collected Legislation of the Russian Federation in 2012, № 18, p. 2246). Mode of access: <http://www.mcx.ru> (19 January 2015). (In Russ.).

8 Strategy and management]. Mode of access: <http://www.strategplann.ru> (10 January 2015). (In Russ.).

9 Topuzov N.K. Simulation fur-ism resource saving management corporation. South Ural State University. A series of "Economics and Management". 2009. №8. P.63-68. (In Russ.).

10 Management of economic systems Mami. Mode of access: <http://www.uecs.ru> (14 January 2015). (In Russ.).

11 Shatokhina N. M., Bogomolov A. C., flaps S. A. Assessment of the competitive environment as a factor in improving the quality of management of the regional bakery enterprises. Economics. The innovation. Quality management. 2015. № 1 (10). P. 223 - 227

УДК 338.2; 654.02

Профессор Э.Н. Кроливецкий, докторант Е.А. Аксютик
(Санкт-Петербургский государственный институт кино и телевидения)
кафедра продюсирования и управления в социально-культурной сфере.
тел. (911) 7895774
E-mail: aks65@mail.ru

Professor E.N. Krolivetskii, doctoral E.A. Aksyutik
(St. Petersburg State Institute of Film and Television)
Department of producing and management of socio-cultural sphere.
phone (911) 7895774
E-mail: aks65@mail.ru

Повышение информационного уровня системы управления деятельностью субъектов хозяйствования сферы услуг

Increasing the level of information management activities of economic entities, of the service sector

Реферат. Актуальность избранной темы статьи состоит в повышении информационного уровня инновационности деятельности субъектов хозяйствования сферы услуг и на этой основе роста их конкурентоспособности, эффективности системы управления экономическим развитием. Регулирование информационного уровня обеспечения системы управления конкурентоспособностью субъектов хозяйствования и отраслей сферы услуг повышает качество принимаемых менеджментом решений, способствующих устойчивости экономического развития. В статье дается развернутый анализ факторов, определяющих возможности и ограничения, оказывающих непосредственное воздействие на уровень инновационности деятельности субъектов хозяйствования сферы услуг, такие как: уровень квалификации кадров, способы сбора и описания информации, порядок ее систематизации и т.п. Вклад автора в развитие темы статьи состоит в определении методических подходов создания организационно-экономических условий для информационного обеспечения системы управления деятельностью субъектов хозяйствования сферы услуг, ориентированного на повышение конкурентоспособности и качества оказываемых услуг.

Summary. The relevance of the chosen topic of the article is to increase the information level of innovation activity of economic entities of services and on this basis to provide the growth of their competitiveness, the effectiveness of the economic development management. Regulation of the information security level management system competitiveness of business entities and service industries increases the quality of the management decisions that promote sustainable economic development. The article gives a detailed analysis of the factors determining the possibilities and limitations that have a direct impact on the level of innovation activity of economic entities of services, such as: the level of skills, methods for collecting and recording information, the order of its systematization, etc. Contribution of the author in the development of the theme of the article is the definition of methodological campaigns creating organizational and economic conditions for information security management activities of economic entities of services, aimed at increasing competitiveness and quality of services.

Ключевые слова: система информационного обеспечения, учреждения, отраслевые составляющие сферы услуг, система управления сферой услуг

Keywords: information support system, institutions, industry components services, system management services sector

Достижение устойчивости организационно-экономической деятельности учреждения сферы услуг требует устойчивого информационного сопровождения процесса управления, создания системы маркетинга и информационного анализа предоставленных услуг. Реформирование отраслевых составляющих сферы услуг привело к существенному увеличению числа функциональных задач системы управления и, как следствие - к высокой информационной загруженности их работников.

Во многих учреждениях образования, науки, здравоохранения постоянно с различной

степенью интенсивности ведутся работы по информатизации. На уровне учреждений сферы услуг при использовании автоматизированных систем решаются задачи в достаточно узких рамках в инициативном порядке для обеспечения информационных потребностей соответствующих подразделений. При этом отсутствует техническая и организационно-технологическая координация выполняемых научно-исследовательских разработок и, как следствие,

все они выполняются независимо друг от друга при полном отсутствии единой методологии, методических подходов и стандартов. Имеют место также многочисленные факты дублирования работ, нарушаются принятые в сфере информатизации принципы строго соблюдения этапности выполняемых научно-исследовательских разработок с полным их документированием в виде технических заданий, выпуском соответствующей нормативной и эксплуатационной документации [3].

Существующая практика развития процесса повышения уровня информированности субъектов хозяйствования сферы услуг ведет к завышению затрат на создание средств информатизации отдельных объектов, на их последующее сопровождение и развитие, а также к полной несовместимости разрабатываемых средств и информационных ресурсов, к принципиальной неосуществимости комплексного информационного обеспечения органов управления различных уровней систем образования, науки, здравоохранения. В этих условиях совершенствование технологий и рост информационного уровня в сфере услуг является одним из наиболее важных факторов эффективного функционирования систем образования, здравоохранения, жилищно-коммунального хозяйства, социально-культурной сферы, сферы социальной защиты и социального обслуживания, повышения качества оказываемых услуг.

Сложившаяся динамика инновационного и экономического развития отраслевых составляющих сферы услуг свидетельствует о наличии таких проблем, как существенное изменение содержания функций управления экономическими видами деятельности сферы услуг на различных уровнях, несоординированность разработки и отсутствие комплексности проектирования их информационного обеспечения. При этом изменение содержания основных функций управления связано, прежде всего, с необходимостью учета требований рынка, ростом конкуренции на рынке услуг, применением программно-целевых, балансовых и прогностических методов в организации деятельности учреждений сферы услуг, развитием их нормативно-правового обеспечения, межведомственного взаимодействия, внедрением современных методов управления знаниями и умениями [2].

Регулирование информационного уровня процесса управления конкурентоспособно-

стью субъектов хозяйствования и отраслевых составляющих сферы услуг является, на наш взгляд, основой для принятия действенных управленческих решений. Сущность повышения степени информатизации процессов создания конкурентных преимуществ хозяйствующих субъектов сферы услуг можно представить, как изучение их целей и задач в пространстве и во времени, выявление соответствия организационной структуры управления, функций управления, их распределения по элементам, количественных и качественных характеристик элементов, методов и сроков решения управленческих задач, целям и задачам управления [4].

Разрабатывая проект информационного обеспечения системы управления конкурентоспособностью субъектов хозяйствования сферы услуг необходимо учитывать, как социальную ситуацию, возможности и ограничения в системе управления, так и сложившиеся организационно-экономические условия.

Основными характеристиками, влияющими на повышение информационного обеспечения, в свою очередь, направленного на рост конкурентоспособности предприятий сферы услуг, следует считать: большую неформализованность внутренних процессов оказания услуг; вариативность социальной практики; быстрое изменение экономического и инновационного состояния сферы услуг, методов, структуры системы управления; недостаточное и нестабильное финансирование и отсутствие адекватного финансирования за счет бюджетных средств; высокую трудоемкость коммуникаций и процессов аналитической переработки информации; низкий уровень информационно-технологической культуры работников системы управления, боязнь применять новые информационные технологии. При этом процесс создания системы информационного и инновационного обеспечения учреждений сферы услуг существенно затруднен из-за слабой формализации характера деятельности различных подразделений системы управления, отсутствия качественного менеджмента [1].

В настоящее время основными потребностями менеджеров системы управления субъектами хозяйствования, экономическими видами деятельности, инновационным развитием сферы услуг являются: оснащение компьютерной техникой; разработка и внедрение единой коммуникационной сети; внедрение различных информационных,

телекоммуникационных и компьютерных технологий; повышение уровня информационной культуры и обученности информационно-коммуникационным технологиям [5].

Следовательно, основные потребности менеджеров системы управления развитием сферы услуг сводятся к информационной поддержке их профессиональной деятельности. При этом важным является технологически последовательное проектирование, создание и внедрение различных технологических инноваций в сфере управления деятельностью субъектов хозяйствования и отраслевых составляющих сферы услуг.

Создание и использование информационной системы для обслуживания процесса управления экономических видов деятельности сферы услуг экономически и организационно целесообразно лишь при достижении максимального соответствия структуры информационной системы, ее функционального назначения целям, стоящим перед каждым субъектом хозяйствования. Такая информационная система должна быть построена на основе: понимания и использования ее в соответствии с основными социальными и этическими нормами; обеспечения хозяйствующих субъектов сферы услуг достоверной, надежной, своевременной и систематизированной информацией, способствующей улучшению управленческой деятельности на всех уровнях, посредством внедрения информационных систем; регулярного контроля за функционированием информационных систем, мониторинга, осуществляемого квалифицированными специалистами.

Характеристика проблем эффективного осуществления мониторинга функционирования субъектов хозяйствования сферы услуг в целом, процессов сбора и анализа контролируемых параметров, в частности, заключается в оценке взаимосвязи между субъектами информационного обмена в учреждениях образования, здравоохранения, науки. Все учреждения сферы услуг в различной степени нуждаются в получении информации из аналогичных структур. Абстрагируясь от общности рассмотрения деятельности учреждений сферы услуг, отметим, что большинство из них занимается не только сбором данных, но также проводит первичный анализ полученной информации. При этом уровень собранных аналитических данных зависит от ранга учреждения.

Следует отметить, что в сфере услуг зачастую отсутствует: состав квалифицирован-

ных специалистов, способных на высоком профессиональном уровне провести классификацию экономических и инновационных параметров ее учреждений, а тем более осуществить их анализ; специализированная аналитическая база практически во всех системах образования, здравоохранения; централизованный сбор информационных ресурсов, используемых для описания состояния систем образования, здравоохранения; обязательная для всех подразделений технологическая процедура сбора и обработки данных, единая система классификации, систематизации и формализации; необходимый объем информационных ресурсов для проведения всесторонних статистических исследований, математические методы обработки данных построения прогнозов; программные пакеты, адаптированные для деятельности в сфере услуг.

Основополагающая структура повышения уровня информационности управления отраслевыми составляющими сферы услуг, на наш взгляд, может быть представлена такими компонентами, как: структура реестра социальных и управленческих услуг по сегментам потребностей разноуровневых органов управления, предпринимательских структур и населения; описание потребительских характеристик (потребностей предпринимательских структур и населения в управленческих услугах); структура реестра функций органов государственной власти, реализуемых при оказании социальных услуг, а также электронных административных регламентов (в том числе, финансирования за счет бюджетных средств) и стандартов предоставляемых услуг.

Повышение уровня информационности системы управления развитием сферы услуг связано также и с: унификацией документации (форматы входных и выходных документов); системой классификации и кодирования информации, логической структурой словарей и классификаторов (в том числе для обеспечения информационного взаимодействия); структурой базы данных статистической информации, знаний для оптимизации процедур межведомственного взаимодействия при формировании социальных услуг; базой данных аналитических моделей и направлений развития учреждений образования, здравоохранения, жилищно-коммунального хозяйства, сферы социальной защиты

ЛИТЕРАТУРА

1 Будагов А.С., Кроливецкий Э.Н. Технологические элементы системы стратегического управления как инструментарий выполнения этапов инновационного развития региона // Вестник Чувашского университета. № 2. 2011. С. 400-403.

2 Кроливецкий Э.Н., Панарин А.А. Особенности экономических и инновационных изменений в учреждениях профессионального образования // Аспирант. Докторант. Гуманитарно-социальные исследования. № 1(2). 2012. С. 119-123.

3 Панарин А.А. Ресурсное обеспечение инновационного развития учреждений профессионального образования // Вестник Чувашского университета. № 4. 2012. С. 433-436.

4 Пивоваров С.Э., Максимцев И.А., Рогова И.Н., Хутиева Е.С. Операционный менеджмент: Учебное пособие для вузов. Стандарт третьего поколения. СПб.: Питер, 2011.

5 Сажнева Л.П. Разработка и реализация стратегии долгосрочного развития информационных технологий // Журнал правовых и экономических исследований. № 1. 2015. С. 161-163

REFERENCES

1 Budagov A.S., Krolivetskii E.N. Technological elements systemy strategicheskogo upravleniya kak instrumentarii vipolneniya etapov innovatsionnogo razvitiya regiona. Vestnik Chuvashskogo universiteta. №2. 2011. pp.400-403. (In Russ.).

2 Krolivetskii E.N., Panarin A.A. Osobennosti ekonomicheskikh i innovatsionnih izmenenii v uchrezdeniyah professionalnogo obrazovaniya. Aspirant. Doctorant. Gumanitarno-socialnie issledovaniya. №1(2). 2012. pp. 119-123. (In Russ.).

3 Panarin A.A. Resursnoe obspechenie innovatsionnogo razvitiya uchrezdenii professionalnogo obrazovaniya. Vestnik Chuvashskogo universiteta. №4. 2012. pp.433-436. (In Russ.).

4 Pivovarov S.E., Maksimtsev I.A., Rogova I.N., Hutieva E.S. Operatsionnii management. Uchebnoe posobie dlia vusov. Standart tretiego pokoleniya. Spb.: Piter, 2011. (In Russ.).

5 Sazneva L.P. Razrabotka I realizatsia strategii dolgosrochnogo razvitiya informatsionnih tehnologii. Zurnal pravovih I ekonomicheskikh issledovaniy. №1. 2015. pp.161-163. (In Russ.).

УДК 339.137.22:334.7

Доцент В.В. Громов

(ФГБОУ ВО «Мурманский государственный гуманитарный университет»)

кафедра философии и права. тел. (921)1523286

E-mail: vgromow@yandex.ru

Associate Professor V.V. Gromov

(FGBOU VO "Murmansk State University for the Humanities")

Department of Philosophy and Law. phone (921) 1523286

E-mail: vgromow@yandex.ru

Технологические элементы системы стратегического планирования как инструменты обеспечения экономического развития сферы услуг

Technological elements of the system of strategic planning as tools for providing the economic development of the services sphere

Реферат. Актуальность тематики статьи состоит в определении состава технологических элементов системы стратегического планирования, взаимодействие которых направлено на достижение планируемых экономических результатов в условиях изменения влияния факторов макро-, микросред на деятельность учреждений и видов экономической деятельности сферы услуг. Структурно статья выполнена на основе соблюдения логической последовательности взаимодействия технологических элементов системы стратегического планирования и противодействия их негативным факторам внешней и внутренней сред. Активное взаимодействие технологических элементов системы стратегического планирования является инструментарием обеспечения органами планирования долгосрочным развитием субъектов хозяйствования, экономических видов деятельности сферы услуг устойчивого экономического роста. Вклад автора в тематику статьи состоит в обобщении состава и определении целевой установки технологических элементов системы стратегического планирования развития учреждений и отраслевых составляющих сферы услуг.

Summary. Topicality article is to determine the composition of the technological elements of the strategic planning system, the interaction of which is aimed at achieving the planned economic results in the changing factors influence macro microenvironments on the activities of institutions and economic activities of services. The articles structurally is made on the basis of respect for the logical sequence of interactions of technological elements of strategic planning and combat their negative factors of external and internal environment. Active interaction of technological elements of strategic planning tools is to ensure long-term development planning authorities of economic entities, economic activities service sector for sustainable economic growth. Contribution of the author in the scope of this article is to generalize the definition of the target composition and installation of technological elements of strategic planning and development institutions and industry components of the service sector.

Ключевые слова: стратегическое видение, миссия, стратегическая цель, анализ внешней и внутренней сред, стратегии развития, система стратегического планирования

Keywords: strategic vision, mission, strategic objective analysis of the external and internal environment, strategy development, strategic planning system

Каждая из таких технологических составляющих системы стратегического планирования, как перспективное видение социально-экономического состояния субъекта хозяйствования, экономического вида деятельности сферы услуг, миссия (предназначение), стратегическая цель, анализ состояний внешней и внутренней сред, обобщающая (базовая) и частные стратегии обладают присущей каждому из них индивидуальностью влияния на достижение поставленных целевых ориентиров экономических результатов, эффективности используемых ресурсов.

Общий состав технологических составляющих системы стратегического планирования выступает инструментарием прямого или опосредованного влияния на осуществление процесса оказания услуг. При этом уровень влияния технологических элементов системы стратегического планирования на экономические результаты и эффективность долгосрочного развития субъекта хозяйствования, отраслевой составляющей сферы услуг проявляется исходя из степени воплощения формулируемого содержательного предназначения и целевой ориентации [5].

© Громов В.В., 2015

Так, например, формулируемое стратегическое видение социально-экономического долгосрочного развития субъекта хозяйствования, экономического вида деятельности сферы услуг, представляющее собой генерируемый ведущими менеджерами и специалистами в области стратегического планирования оптимистический сценарий становления и развития отрасли, субъекта хозяйствования сферы услуг, с высокой степенью вероятности, доведенный по своему содержанию и направленности до каждого работника, становится одним из опосредованных факторов внутреннего влияния на экономический результат и эффективность потребляемых ресурсов как внутриотраслевая или локальная идея социально-экономического развития.

Однако от провозглашения идеи перспективного достижения диверсифицированным производством продукции, оказания потребителям услуг, высокого экономического состояния до ее овладения работниками, в большинстве своем разделивших идею и поверивших в ее реальное достижение, должен пройти определенный период времени, конкретно получаемые результаты экономического развития, в котором находят свое подтверждение для работников, разделивших идею оптимистического развития в рамках сформулированного менеджерами и квалифицированными специалистами.

Растущее доверие к оптимистическому развитию субъекта хозяйствования или отраслевой социально-экономической системы, подтверждаемое ростом доходности работников, их благополучия, социального потребления, существенно влияет на стремление персонала к достижению конечных результатов, к экономии используемых ресурсов, повышению квалификации и профессионального мастерства, качества услуг, продукции, к росту производительности труда [1].

Стратегический анализ (анализ состояния внешней и внутренней сред) текущего функционирования и перспективного развития отраслевой составляющей сферы услуг, как технологический элемент системы стратегического планирования, своими результатами должен дать представление субъекту стратегического планирования о том, какие направления (экономическое, маркетинговое, финансовое, инновационное, социальное, организационное) должны быть в приоритетном порядке обеспечены ресурсообеспеченными мерами по противодействию влиянию негативных факторов внешней и внутренней сред. В процессе стратегического анализа необходимо установить наиболее вероятное влияние негативных факторов в конкретные интервалы времени, корреля-

цию и пропорцию влияния факторов внешней среды на внутренние отклонения экономических результатов и эффективности используемых ресурсов, определив, например, уровень влияния внешних факторов на внутренние наиболее вероятные экономические изменения величиной корреляционного коэффициента, равного в пределах единицы (например, 0,85).

Пропорция силы влияния внешних факторов на внутреннее развитие может устанавливаться экспертно, исходя из уровня воздействия факторов (например, пропорция может составить 2:1, где 2 - сила влияния негативных факторов внешней среды на экономический результат и эффективность процесса оказания услуг). Такого рода коррелированность и пропорциональность силы воздействия внешних и внутренних факторов на экономический результат и эффективность ресурсопотребления в системе стратегического планирования необходима для концентрации ресурсов и стратегий на направлениях противодействия негативным влияниям факторов макро-, микро-сред, их нейтрализации и нивелирования.

Формулирование предназначения (миссии, стратегической установки) хозяйствующего субъекта или отраслевой составляющей сферы услуг должно в своей содержательной направленности отражать основные виды деятельности по оказанию услуг потребителям в течение долгосрочного периода времени, а также виды деятельности, связанные с диверсификацией услуг, продукции в условиях влияния факторов неустойчивых состояний макро-, микросред.

Формулируемое предназначение субъекта хозяйствования, экономического вида деятельности сферы услуг должно быть представлено в конкретной и понятной форме, позволяющей органам стратегического планирования и работникам определять в длительном периоде времени какими видами деятельности будет заниматься их хозяйствующий субъект. Так, например, для такого субъекта хозяйствования, как высшее учебное заведение его миссия (функциональное предназначение) может быть представлено в такой логико-вербальной форме, как «Оказание услуг в качестве лидера высшего профессионального образования в регионе в долгосрочном периоде времени».

Информационная активность и пропаганда миссии отраслевой составляющей, хозяйствующего субъекта сферы услуг среди работников, разделение ее содержательной направленности, функционального предназначения своего предприятия в долгосрочной перспективе, вера работников в соблюдение и исполнении миссии может выражаться их активностью и участием в решении проблем диверсификации

услуг, интеграции субъектов хозяйствования, повышения качества оказываемых услуг, в заинтересованности персонала достигать поставленные ориентиры экономического результата, эффективности использования ресурсов [2].

Генерирование ведущими менеджерами и квалифицированными специалистами такой технологической составляющей системы стратегического планирования, как стратегическая цель должно обеспечивать конкретизацию и целевую направленность социально-экономического развития отраслевой составляющей, хозяйствующего субъекта сферы услуг, ориентировать их в соответствии с количественными и качественными идентификаторами на достижение максимально возможных экономических результатов, минимальных затрат, динамично растущей эффективности процессов оказания услуг, производства продукции.

Обобщающей содержательной формой стратегической цели отраслевой составляющей сферы услуг, на наш взгляд, может выступать «Достижение максимально возможного экономического результата и эффективности используемых ресурсов на основе расширения состава конкурентных преимуществ, повышения качества ресурсного потенциала в перспективном периоде времени».

Формулирование и реализация стратегической цели субъекта хозяйствования, экономического вида деятельности сферы услуг должно осуществляться квалифицированным составом управленцев и специалистов в области стратегического планирования и знания специфики отраслевого развития сферы услуг, а также персо-

налом, квалификация и профессиональное мастерство которого адекватны изменениям в составе конкурентных преимуществ, повышающемуся качеству ресурсного потенциала [3].

Формирование и реализация обобщающей и функциональных (частных) стратегий является в системе стратегического планирования в целевом отношении основным инструментом инициативного стремления предприятия, экономического вида деятельности сферы услуг к повышению своего экономического результата, эффективности процесса оказания услуг, фактором сбалансированного противодействия негативным влияниям внешней и внутренней сред. Формируемые частные стратегии развития субъектов хозяйствования, экономических видов деятельности сферы услуг в своей совокупности должны поддерживать и повышать уровни достижения экономического результата и эффективности ресурсопотребления в условиях неустойчивого состояния макро-, микросред. При этом такие направления развития предприятий и отраслевых составляющих сферы услуг, как экономическое, социальное, финансовое, инновационное, структурно-организационное и маркетинговое в своем противодействии негативному влиянию факторов макро-, микросред должны обеспечивать конкретизацию состава частных стратегий, объединяемых единой целевой ориентацией к достижению максимально возможного экономического результата и эффективности использования ресурсов в рамках обобщающей стратегии

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Аксютин Е.А., Кроливецкий Э.Н. Инновационное развитие отраслевых составляющих сферы услуг: Монография. СПб.: Изд-во «Арт-Экспресс», 2014.
- 2 Вайнштейн П.Д. Общие принципы стратегического менеджмента // Стратегический менеджмент. № 1(9). 2010 - С. 12-19.
- 3 Кроливецкий Э.Н. Перспективное планирование экономических результатов и эффективности функционирования отраслевой составляющей сферы услуг // Петербургский экономических журнал. № 2(2). 2013. С. 46-50.
- 4 Кроливецкий Э.Н., Морщагина Н.А. Формирование системы стратегического управления развитием телекоммуникационных предприятий // Журнал правовых и экономических исследований. № 2. 2014. С. 99-102.
- 5 Рогова И.Н. Направления рационализации систем операционного и стратегического менеджмента промышленных предприятий: Монография. СПб.: Изд-во «Студия «НП-Принт», 2012.

REFERENCES

- 1 Aksutik E.A., Krolivetskii E.N. Innovatsionnoe razvitie otraslevykh sostavlyayushchikh sferi uslug. Monografiya.- Spb.: Izdat-vo "Art-express", 2014. (In Russ.).
- 2 Vainshtein P.D. Obschie principii strategicheskogo management. Strategic management. №1 (9). 2010 – pp. 12-19. (In Russ.).
- 3 Krolivetskii E.N. Perspektivnoie planirovanie ekonomicheskikh rezultatov i effektivnosti funktsionirovaniya otraslevoi sostavlyayuschei sphiery uslug. Peterburgskii ekonomicheskii jurnal. № 2(2). 2013. - pp. 46-50. (In Russ.).
- 4 Krolivetskii E.N., Morschagina N.A. Formirovanie systemi strategicheskogo upravleniya razvitiem telekommunikatsionnykh predpriyati. Jurnal pravovykh i ekonomicheskikh issledovaniy. № 2. 2014. pp. 99-102. (In Russ.).
- 5 Rogova I.N. Napravleniya razionalisatsii system operatsionnogo i strategicheskogo managementa promishlennykh predpriyati: Monographia. Spb.: Izd-vo: "Studio "NP-Print", 2012 (In Russ.).



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ



ФГБОУ ВПО
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»

НАИБОЛЕЕ ЦИТИРУЕМЫЕ УЧЕНЫЕ ФГБОУ ВПО «ВГУИТ»

1. АНТИПОВА Людмила Васильевна - д.т.н., профессор кафедры технологии продуктов животного происхождения
2. ЖУРАВЛЕВ Юрий Васильевич - д.э.н., профессор кафедры управления, организации производства и отраслевой экономики
3. КОРНЕЕВА Ольга Сергеевна - д.б.н., профессор кафедры биохимии и биотехнологии
4. КУЧМЕНКО Татьяна Анатольевна - д.х.н., профессор кафедры физической и аналитической химии
5. МАГОМЕДОВ Газибег Омарович - д.т.н., профессор кафедры технологии хлебопекарного, кондитерского, макаронного и зерноперерабатывающего производств
6. НИКУЛИН Сергей Саввович - д.т.н., профессор кафедры технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений
7. ОСТРИКОВ Александр Николаевич - д.т.н., профессор кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств
8. ПОДМОЛОДИНА Ирина Михайловна - д.э.н., профессор кафедры теории экономики, товароведения и торговли
9. СКРЫПНИКОВ Алексей Васильевич - д.т.н., профессор кафедры информационных технологий моделирования и управления
10. ГОРКОВЕНКО Екатерина Вячеславовна - к.э.н., доцент кафедры экономической безопасности и финансового мониторинга
11. ПЛАТОНОВА Ирина Владимировна - к.э.н., доцент кафедры экономической безопасности и финансового мониторинга
12. ЧЕРЕНКОВ Дмитрий Александрович - к.б.н., доцент кафедры биохимии и биотехнологии

Требования к оформлению материалов для журнала «Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий»

1. Материалы представляются в двух видах: на электронном носителе и распечатанные на одной стороне листа белой бумаги формата А4 (1 экз.) на лазерном принтере. Они должны быть набраны в редакторе MS Word версия не ниже 6.0 (Office не выше 2007) и напечатаны через одинарный интервал в две колонки шрифтом:

- основной текст - Times New Roman Cyr 11 с полями: левое 22 мм, правое 18 мм, верхнее и нижнее 25 мм;
- колоннотитулы от края - верхний и нижний 18 мм;
- заголовки по центру - Times New Roman Cyr 11, жирный;
- красная строка -1 см;
- перенос слов - автоматический.

Со смещением на 5 см от рамки текста в начале статьи набираются:

- УДК - Times New Roman Cyr 12;
- должность, И. О. Ф., место работы, телефон, Email авторов - Times New Roman Cyr 12 (на русском и английском языках) ;
- название статьи - Times New Roman Cyr 16, жирный, строчной (без переноса) (на русском и английском языках);
- без смещения 5 см реферат - Times New Roman Cyr 9 (объем 200-250 слов на русском и английском языках);
- без смещения 5 см ключевые слова – Times New Roman Cyr 9, до 10 слов (на русском и английском языках);

2. Объем для статьи – 4-8 с. Структурно статья должна иметь четко выраженное *введение*, в котором ставится задача (описывается решаемая проблема), *основную часть*, где излагаются используемые авторами пути решения поставленной задачи, приводятся и обсуждаются результаты, и *заключение*, в сжатой форме подводящее итог работы. Повторение одних и тех же данных в статье, таблице и графике не допускается. Размерность всех характеристик приводится в системе СИ.

3. К каждой статье под заглавием дается реферат (объем 1000-2000 печатных знаков) на русском и английском языках через 1 строку друг от друга. Название статьи, фамилия и инициалы приводятся отдельно на английском языке.

4. Название статьи или краткого сообщения должно быть лаконичным и точно отражать содержание.

5. Иллюстрации в формате jpeg или gif:

- должны быть расположены после ссылки на них в тексте;
- должны выполняться на компьютере с обозначением всех необходимых букв и символов в соответствии с ЕСКД и Р 50-77-80. Все буквенные и цифровые обозначения, приведенные на рисунках, поясняются в основном или подрисуночном тексте. Подрисуночные подписи даются Times New Cyr 10, на формат рисунка.

Графические объекты (диаграммы, графики) должны быть активными (т.е. подлежать редактированию стандартными средствами, например, MS Excel).

6. Формулы и буквенные обозначения:

- буквы латинского алфавита, используемые в индексах, набирают курсивом;
- буквы русского и греческого алфавита - прямым шрифтом; знак вектора - полужирным;
- нумерация формул в тексте сквозная. Нумеруются только те формулы, на которые есть ссылки в тексте.

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsu.ru/>

Формат формул (стандартный редактор) :

- стиль - "математический";
- размер символа — 11

Sizes (Размеры)	
Full (Обычный)	11 – 10
Subscript/Superscript (Крупный индекс)	7
Sub-subscript/Superscript (Мелкий индекс)	5
Symbol (Крупный символ)	12
Subsymbol (Мелкий символ)	9

7. Таблицы (слово печатается вразрядку) должны быть с заголовками и обязательно располагаться после ссылки на них в тексте. Графы в таблицах должны иметь краткие заголовки. Упоминаемые в заголовках величины сопровождаются соответствующими единицами измерений.

8. Литература (слово печатается: Times New Roman Cyr 11, жирный, прописной) на русском и на английском языке включает от 5-10 источников, использованные автором при написании статьи. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках: [1], помещаются в конце статьи. В список не включается литература 10-летней давности. Список литературы должен быть представлен на русском и на английском языках.

8.1. **За правильность приведенных в списке литературы данных ответственность несут авторы.** Библиографический список на русском языке озаглавливается словом ЛИТЕРАТУРА (Times New Roman Cyr 11, полужирный шрифт) и представляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 «Библиографическая ссылка. Общие требования и правила составления». Ссылки на электронные документы должны оформляться согласно ГОСТ 7.82-2001 «Библиографическая запись. Библиографическое описание электронных ресурсов» (см. Приложение 1). Англоязычная часть библиографического описания озаглавливается словом REFERENCES (Times New Roman Cyr 11, полужирный шрифт) и представляется в адаптированном формате Harvard (см. Приложение 2). Каждый пункт библиографического описания нумеруется, после номера точка не ставится. В библиографическом описании приводятся фамилии авторов до трех, после чего для отечественных публикаций следует указать "и др.", для зарубежных — "et al.". Не допускается смешивать русскоязычную и англоязычную часть в одной ссылке, точно так же, как сокращать русскоязычный список литературы (ЛИТЕРАТУРА), перенося все англоязычные ссылки в REFERENCES. Рекомендуется представлять в REFERENCES, вместо русскоязычного варианта описания журнала-источника, описание его переводной версии при условии ее наличия. Транслитерацию фамилий авторов, названий статей, книг, журналов необходимо проводить, согласно системе транслитерации Библиотеки конгресса США (Library of Congress Slavic (Russian) Transliteration), рекомендуется использовать при этом системы автоматического перевода кириллицы в романский алфавит, а не делать транслитерацию вручную, во избежание ошибок.

9. В журнале публикуется не более 2 статей одного автора. Количество авторов одной статьи не должно превышать 4 человек.

В журнале публикуются оригинальные научные статьи теоретического и экспериментального характера в области технических, естественных, экономических и химических наук. Автор указывает рубрику (в сопроводительном письме и выписке из заседания кафедры), в которой он хотел бы разместить свою статью:

- Процессы и аппараты пищевых производств;
- Информационные технологии, моделирование и управление;
- Пищевая биотехнология;
- Фундаментальная и прикладная химия, химическая технология;
- Биотехнология, бионанотехнология и технология сахаристых продуктов;
- Экономика и управление;

Приветствуется подача статей онлайн! Адрес: <http://vestnik.vsu.ru/>

Журнал «Вестник ВГУИТ» выходит 4 раза в год: № 1 – март; № 2 – июнь; № 3 – сентябрь; № 4 – декабрь.

Статья должна быть тщательно проверена и подписана всеми авторами. На отдельном листе авторы указывают ФИО полностью, адрес, ученую степень, должность, место работы, контактный телефон, E-mail, а также отмечают с кем вести переписку.

К статье должны прилагаться сопроводительные документы:

- сопроводительное письмо;
- выписка из протокола заседания кафедры с рекомендацией статьи к печати;
- экспертное заключение;
- положительная рецензия ведущего ученого в данной области или члена редакционной коллегии серии, заверенная подписью и печатью.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала и ее решение является окончательным. В случае возвращения статьи для исправления датой представления считается день получения исправленного текста. Срок доработки - не более 1 месяца.

Материалы, не соответствующие данным требованиям оформления, к публикации не принимаются. Рукописи авторам не возвращаются.

Плата с аспирантов и докторантов за публикацию рукописей не взимается.

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ

КНИГА, МОНОГРАФИЯ:

(кол-во авторов от 1 до 3):

1 Валукин М.Е., Глушков А.И. Эволюция движений в мужском классическом танце. М.: ГИТИС, 2006. 251 с.

(кол-во авторов более 3):

2 Эволюция движений в мужском классическом танце / Валукин М.Е. [и др.]. М.: ГИТИС, 2006. 251 с.

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ, УЧЕБНИК:

(кол-во авторов от 1 до 3):

3 Ковшиков В.А., Глухов В.П. Психолингвистика. Теория речевой деятельности: учеб. пособие для студентов педвузов. М.: Высшая школа, 2006. 320 с.

(кол-во авторов более 3):

4 Психолингвистика. Теория речевой деятельности: учеб, пособие для студентов педвузов / Ковшиков В.А. [и др.] М.: Высшая школа, 2006. 320 с.

СТАТЬЯ В ЖУРНАЛЕ:

(кол-во авторов от 1 до 3):

5 Ефимова Т.Н., Кусакин А.В., Иванов Б.И. Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл // Проблемы региональной экологии. 2007. Т. 3. № 1. С. 80–86.

(кол-во авторов более 3):

6 Охрана и рациональное использование болот в Республике Марий Эл / Ефимова Т.Н. [и др.] // Проблемы региональной экологии. 2007. Т. 3. № 1. С. 80–86.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ:

7 Содержание и технологии образования взрослых: проблема опережающего образования: сб. науч. тр. / Институт образования взрослых Рос. акад. образования; под ред. А.Е. Марона. М.: ИОВ, 2007. 118 с.

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ, ФОРУМОВ, СОВЕЩАНИЙ, СЕМИНАРОВ:

8 Ходоскин Д.П. Исследование начальной скорости торможения на регулируемых перекрестках // Политтранспортные системы: мат. VII Всерос. науч.-техн. конф., Красноярск, 25–27 ноября 2010 г. Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2010. С. 578–583.

АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР:

9 Экономика и политика России и государств ближнего зарубежья: аналит. обзор, апр. 2007 / Рос. акад. наук, Институт мировой экономики и междунар. отношений. М.: ИМЭМО, 2007. 39 с.

ПАТЕНТ:

порядок описания:

10 Обозначение вида документа, номер, название страны, индекс международной классификации изобретений. Название изобретения / И.О.Фамилия изобретателя, заявителя, патентовладельца; Наименование учреждения-заявителя. Регистрационный номер заявки; Дата подачи; Дата публикации, сведения о публикуемом документе.

пример:

11 Пат. № 2201911, RU, C2 7 C 05 F 11/08, 9/00. Способ утилизации твердых бытовых отходов и получения органического удобрения / Стом Д.И., Солдатов С.В., Казаринова Т.Ф., Никонова Т.С. № 2000132175/13; Заявл. 2000132175; Оpubл. 10.04.2003, Бюлл. № 10.

НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ ДОКУМЕНТЫ:

порядок описания:

Заглавие официального документа: сведения, относящиеся к заглавию (указ, постановление), Дата принятия документа / Название издания. Год издания. Номер (для журнала). Дата и месяц (для газеты). Первая и последняя страницы.

пример:

12 ГОСТ 12.1.033. ССБТ. Пожарная безопасность. Термины и определения. Введен 01.07.82. М.: Межгосударственный стандарт: ИПК изд-во стандартов, 2001. 7 с.

ДИССЕРТАЦИЯ

13 Якимов М.А. Изучение взаимодействия между компонентами электролитов в тройных водно-солевых системах на примере нитратных систем: дис... д-ра хим. наук: 10.01.71 : защищена 05.02.71: утв. 10.06.71. Л.: ЛГУ, 1971. 200 с.

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

14 Якимов М.А. Изучение взаимодействия между компонентами электролитов в тройных водно-солевых системах на примере нитратных систем: автореф. дис. докт. хим. наук : Л.10.01.71 / Л.: ЛГУ, 1971. 40 с.

ЭЛЕКТРОННЫЙ РЕСУРС:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (если указаны). Название ресурса [Электронный ресурс]. Место издания: Издательство, год издания (если указаны). Адрес локального сетевого ресурса (дата просмотра сайта или последней модификации документа).

пример:

15 Шкловский И. Разум, жизнь, вселенная [Электронный ресурс] М.: Янус, 1996. Режим доступа: <http://www.elibrary/books/shklovsky/titul.htm> (23 ноября 2001 г.)

ПОРЯДОК ОПИСАНИЯ ССЫЛОК НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ:

СТАТЬЯ ИЗ ЖУРНАЛА:

порядок описания:

Фамилия И.О. автора (транслитерация). Перевод названия статьи на английский. Название русскоязычного источника (транслитерация, *курсивом*). [Перевод названия источника на английский язык (в квадратных скобках)]. Год, том, номер, страницы (от-до). Указание на язык статьи (In Russ.) после описания статьи.

пример:

1 Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timonov A.V., Kardymon D.V. Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing. *Neftyanoe khozyaistvo* [Oil Industry], 2008, vol. 10, no.11, pp. 54-57. (In Russ.).

СТАТЬЯ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО ЖУРНАЛА:

2 Swaminathan V., Lepkoswka-White E., Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of ComputerMediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

СТАТЬЯ С DOI:

3 Zhang Z., Zhu D. Experimental research on the localized electrochemical micromachining. *Russkii zhurnal elektrokhimii*. [Russian Journal of Electrochemistry], 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926-930. doi: 10.1134/S1023193508080077

СТАТЬЯ ИЗ ПРОДОЛЖАЮЩЕГОСЯ ИЗДАНИЯ (СБОРНИКА ТРУДОВ):

4 Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints "steel-composite". *Trudy MGTU «Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem»* [Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"], 2006, no. 593, pp. 125-130. (In Russ.).

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИЙ:

5 Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z. [et al.] Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi"* [Proc. 6th Int. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact"]. Moscow, 2007, pp. 267-272. (In Russ.).

КНИГИ (МОНОГРАФИИ, СБОРНИКИ):

6 Nenashv M.F. *Poslednee pravitel'stvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p. (In Russ.).

7 Lindorf L.S., Mamikonians L.G. *Ekspluatatsiya turbogeneratorov s neposredstvennym okhlazhdeniem* [Operation of turbine generators with direct cooling]. Moscow, Energiia Publ., 1972. 352 p. (In Russ.).

8 Kanevskaya R.D. *Matematicheskoe modelirovanie gidrodinamicheskikh protsessov razrabotki mestorozhdenii uglevodorodov* [Mathematical modeling of hydrodynamic processes of hydrocarbon deposit development]. Izhevsk, 2002. 140 p. (In Russ.).

9 Izvekov V.I., Serikhin N.A., Abramov A.I. *Proektirovanie turbogeneratorov* [Design of turbo-generators]. Moscow, MEI Publ., 2005, 440 p. (In Russ.).

10 Latyshev, V.N., *Tribologiya rezaniya*. Kn. 1: *Friksionnye protsessy pri rezanie metallov* (Tribology of Cutting, Vol. 1: Frictional Processes in Metal Cutting), Ivanovo: Ivanovskii Gos. Univ., 2009. (In Russ.).

ПЕРЕВОДНАЯ КНИГА:

11 Timoshenko S.P., Young D.H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: Timoshenko S.P., Iang D.Kh., Uiver U. *Kolebaniia v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1985. 472 p.).

12 Brooking A., Jones P., Cox F. *Expert systems. Principles and case studies*. Chapman and Hall, 1984. 231 p. (Russ. ed.: Bruking A., Dzhons P., Koks F. *Eksperitnye sistemy. Printsipy raboty i primery*. Moscow, Radio i sviaz' Publ., 1987. 224 p.).

НЕОПУБЛИКОВАННЫЙ ДОКУМЕНТ:

13 Latypov A.R., Khasanov M.M., Baikov V.A. *Geology and Production (NGT GiD). The Certificate on official registration of the computer program*. No. 2004611198, 2004. ((In Russ.), unpublished).

ДИССЕРТАЦИЯ ИЛИ АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ:

14 Semenov V.I. *Matematicheskoe modelirovanie plazmy v sisteme kompaktnyi tor*. Diss. dokt. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the plasma in the compact torus. Dr. phys. and math. sci. diss.]. Moscow, 2003. 272 p. (In Russ.).

ГОСТ:

GOST 8.586.5–2005. *Metodika vypolneniia izmerenii. Izmerenie rashkoda i 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 raised, body, where the solutions to the problem are presented and the results are discussed, and a conclusion, where the work results are summed up. Repetition of one and the same data are forbidden. The size of all characteristics are presented within CI system.

3 To each article under the title gives a summary (volume 1000-2000 printed characters) in Russian and English languages in 1 line each other. Article title, surname and initials are given separately in English.

4 The title of the article or a short message must be laconic and show the contents of the article clearly.

5 All the illustrations are made in JPEG or BMP:

- they must be placed after the reference in the text;
- they must be done by means of a computer and be supplied with the letter and symbol marks according to universal system documents (USCP) and R 55-77-80. All The letters and figures presented on the illustration text, must be explained in the basic or in the under illustration text. The marks are given in Times New Cyr 10.

Graphical installations (diagrammes, schedules) should be active (i.e. to be subject to editing by standard means, for example, MS Excel).

6 Formulae and letter marks:

- latin letters, used in indexes, are printed in italic type;
- Russian and Greek letter – Roman type, vector mark in half bold type;
- formulae must be numbered through the text. Only formulae with references are numbered.

Formulae format:

- style – “mathematical”;
- symbol size – 11

Sizes	
Full	11 – 10
Subscript/Superscript	7
Sub-subscript/Superscript	5
Symbol	12
Subsymbol	9

7 Tables (the word itself should be spaced) must be supplied with titles and placed right after the references in the text. All the table columns must have short titles. Magnitudes, mentioned in titles must go along with measurement unit.

8 Literature (the word itself is printed in Times New Roman Cyr 11, in bold type capital) contains sources, author used for article composing. There must be no more than 10 designation. All the references in the text are made in square brackets and placed at the end of article. Literature list mustn't contain unpublished works, textbooks, theses, as well as 10 year – old literature.

8.1 For the correctness of the information provided in the list of literature data the authors are responsible. References in Russian sagauniversal word LITERATURE (Times New Roman Cyr 11 bold font) and submitted in accordance with GOST R 7.0.5-2008 "Bibliographic reference. General requirements and rules of drawing up". Links to electronic documents must be made according to GOST 7.82-2001 "Bibliographic record. Bibliographic description of electronic resources" (see Appendix 1, 2).

9 Not more than 2 articles of one author can be published in the journal. The number of authors should not exceed 4 persons.

Original scientific articles of theoretical and experimental character are published in the magazine in the field of technical, natural, economic, chemical. The author specifies a heading (in the covering letter and an extract from faculty meeting) in which he would like to place the article:

- Processes and devices of food productions;
- Information technologies, modeling and management;
- Food biotechnology;
- Fundamental and applied chemistry, chemical technology;
- Biotechnology, bionanotechnology and technology of sugary products;
- Economy and management;

The magazine «the Messenger ВГУИТ» leaves 4 times a year: № 1 – March; № 2 – June; № 3 – September; № 4 – December.

The article must be thoroughly checked and signed by all the authors. Name, middle name, last name, address, science degree, position, place of work, telephone number (office and home) E-mail, the person communicate to are pointed out on a separate sheet of paper.

Accompanying deeds should be applied on paper:

- The transmittal letter;
- An extract from the report of faculty meeting with paper recommendation for printing;
- The positive review of the leading scientist in the given area or a member of an editorial board of the series, authenticated by the signature and printing.

The question on paper publication, its deviation is solved by an editorial board of the log and ee the solution is definitive. In case of refund of paper for correction by representation date it is considered day of reception of the corrected text. Finishing term - no more than 1 month.

The materials mismatching given demands of registration, to the publication are not accepted. Manuscripts are not refunded to authors.

The pay for the publication of manuscripts is not raised from post-graduate students.

THE ORDER OF THE LINKS ON THE RUSSIAN LANGUAGE THE BOOK, MONOGRAPH: (number of authors from 1 to 3): 1 Valukin M.E. Ter-Minassian, Glushkov A.I Evolution of movements in the men's classic dance.

M: GITIS, 2006. 251 S. (number of authors more than 3):

2 Evolution of movements in the men's classic dance / Valukin M.E. Ter-Minassian [and others]. M: GITIS, 2006. 251 S. A

TUTORIAL TUTORIAL:

(number of authors from 1 to 3):

3 Scoops V.A. Glukhov, V.P. Psycholinguistics. Theory of speech activity: textbook. manual for students of pedagogical universities. M: Vysshaya SHKOLA, 2006. 320 C. (number of authors more than 3):

4 Psycholinguistics. Theory of speech activity: textbook, a manual for students of pedagogical institutes / Woks VA [and other] M.: Vysshaya SHKOLA, 2006. 320 C. JOURNAL ARTICLE: (number of authors from 1 to 3):

5 Efimova T.N., Kusakin A.V., Ivanov B. I. Protection and rational use of wetlands in the Republic of Mari El // problems of regional ecology. 2007. T. 3. No. 1. C. 80-86. (number of authors more than 3):

6 Protection and rational use of wetlands in the Republic of Mari El / Efimova T.N. [and other] // problems of regional ecology. 2007. T. 3. No. 1. C. 80-86. COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS:

7 Content and technologies of adult education: a problem of the leading education: collected scientific articles. Tr. / Institute of adult education Grew. Acad. education; Ed. by A. Maron. M: JOB, 2007. 118 S.

MATERIALS OF CONFERENCES, FORUMS, MEETINGS, SEMINARS:

8 Chogokin D.P. Study initial speed braking controlled junctions // Polytransport system: Mat. VII vseros. nauch.-the technology. Conf., Krasnoyarsk, November 25-27, 2010, Novosibirsk: Publishing house of the STU, 2010. C. 578-583.

ANALYTICAL REVIEW:

9 Economy and politics of Russia and CIS countries: Analyt. review, APR. 2007 / Rus. Acad. Sciences, Institute of world economy and international. relations. M: IMEMO, 2007. 39 C.

PATENT:

order description:

10 Designation of the document, number, the name of the country, the index of the international classification of inventions. The title of the invention / full Name of the inventor, the applicant, the patent holder; name of the institution the applicant. Registration number of the application; the date of filing; date of publication, information about the published document.

example:

11 Pat. no 2201911, EN, C2 7 05 F 11/08, 9/00. The method of disposal of solid household waste and produce organic fertilizer / a Shrub DI, Soldatov S.V., Kazarinova TV, Nikonov T.S. no 2000132175/13; Appl. 2000132175; Publ. 10.04.2003, bull. Number 10.

LEGAL DOCUMENTS:

order description:

The official title of the document: information relating to the title (decree, decision)date of adoption of the document / edition Name. Year of publication. Room (log). The date and month (for Newspapers). The first and last pages.

example:

12 GOST 12.1.033. SSBT. Fire safety. Terms and definitions. Introduced 01.07.82. M: Interstate standard: IPK the publishing house of standards, 2001. 7 C.

THESIS

13 Yakimov M.A. study of the interaction between the components of electrolytes in the triple water-salt systems on the example of nitrate systems: dis... Dr. chem. Sciences: 10.01.71 : protected 05.02.71: appr. 10.06.71. Leningrad: Leningrad state University, 1971. 200 S.

THE DISSERTATION:

14 Yakimov M.A. study of the interaction between the components of electrolytes in the triple water-salt systems on the example of nitrate systems: Avtoref. dis. Prof. chem. Sciences : L / Leningrad: Leningrad state University, 1971. 40 C.

ELECTRONIC RESOURCE:

order description:

Surname ACTING author (if given). Resource name [Electronic resource]. Place of publication: Publisher, year of publication (if specified). The address of the local network resource (date of access of the site or last modification of the document).

example:

15 Shklovsky Mind, life, the universe [Electronic resource] M.: Yanus, 1996. Mode of access:

<http://www.elibrary/books/shklovsky/ titul.htm> (23 November 2001)

THE ORDER OF THE LINKS ON ENGLISH LANGUAGE:ARTICLE FROM THE MAGAZINE:

order description:

Surname ACTING author (transliteration). Translation of the name of article in English. The name of the Russian-language source (transliteration, italics). [Translation of the name of the source on the English language (in brackets)]. Year, volume, number, pages (from-to). An indication of the language of the article (In Russ.) after the description of the article.

example:

1 Zagurenko A.G., Korotovskikh VA, A.A. Kolesnikov, Timonov A.V., Kardymon D.V. Techno-economic optimization of the design of hydraulic fracturing. *Neftyanoe khozyaistvo [Oil Industry]*, 2008, vol. 10, no.11, pp. 54-57. (In Russ.).

ARTICLE FROM ELECTRONIC JOURNAL:

2 Swaminathan V., Lepkoswka-E. White, Rao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of ComputerMediated Communication*, 1999, vol. 5, no. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol5/issue2/> (Accessed 28 April 2011).

ARTICLE C DOI:

3 Z. Zhang, Zhu D. Experimental research on the localized electrochemical micromachining. *Russkii zhurnal elektrokhemii. [Russian Journal of Electrochemistry]*, 2008, vol. 44, no. 8, pp. 926-930. doi: 10.1134/S1023193508080077

ARTICLE FROM CONTINUING PUBLICATIONS (PROCEEDINGS):

4 Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Experimental study of the strength of joints "steel-composite". *Trudy MGTU "Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem"* [Proc. of the Bauman MSTU "Mathematical Modeling of Complex Technical Systems"], 2006, no. 593, pp. 125-130. (In Russ.).

CONFERENCE MATERIALS:

5 Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z. [et al.] Features of the design of field development with the use of hydraulic fracturing. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma "Novye resursosberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi"* [Proc. 6th Int. Symp. "New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact]. Moscow, 2007, pp. 267-272. (In Russ.).

BOOKS (MONOGRAPHS, COLLECTIONS):

6 Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'stvo SSSR [Last government of the USSR]*. Moscow, Krom Publ., 1993. 221 p. (In Russ.).

7 Lindorf L.S., Mamikonians L.G. *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.