Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 39898
ISSN 1680-1709

ББК 95.4
Ч-823

ВЕСТНИК ЧУВАШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ И. Я. ЯКОВЛЕВА

2013. № 4 (80). Ч. 2

Серия «Естественные и технические науки»

Учредитель
ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-36709 от 01 июля 2009 г.)

Журнал включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (решение Президиума ВАК Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 6/6).

Главный редактор Б. Г. Миронов

Заместитель главного редактора Т. Н. Петрова

Ответственный редактор Л. Н. Улюкова

Ответственный секретарь А. А. Сосаева

Редакционная коллегия:

Алексеев В. В. (г. Чебоксары), Боряев Г. И. (г. Пенза), Воронов Л. Н. (г. Чебоксары), Газизов М. Б. (г. Казань), Герасимова Л. И. (г. Чебоксары), Голиченков В. А. (г. Москва), Димитриев Д. А. (г. Чебоксары), Илларионов И. Е. (г. Чебоксары), Ильин Е. А. (г. Москва), Ильина Н. А. (г. Ульяновск), Козлов Ю. П. (г. Москва), Максимов В. И. (г. Москва), Митрасов Ю. Н. (г. Чебоксары), Насакин О. Е. (г. Чебоксары), Ноздрин В. А. (г. Орел), Орлов В. Н. (г. Чебоксары), Радаев Ю. Н. (г. Москва), Рябинина З. Н. (г. Оренбург), Сергеева В. Е. (г. Чебоксары), Ситдиков Ф. Г. (г. Казань), Скворцов В. Г. (г. Чебоксары), Филиппов Г. М. (г. Чебоксары), Шуканов А. А. (г. Чебоксары).

Адрес редакции: 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38
Тел.: (8352) 62-08-71
E-mail: redak_vestnik@chgpu.edu.ru
www: http://vestnik.chgpu.edu.ru/

© ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», 2013

ЕСТЕСТВЕННЫЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 637.1

УСТАНОВКА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ СЛИВОЧНОГО МАСЛА

HEAT TREATMENT INSTALLATION FOR BUTTER

Г. А. Александрова

G. A. Aleksandrova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Описаны конструктивные особенности и принцип действия установки для термообработки сливочного масла с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ).

Abstract. The article describes the design features and operation principle of the heat treatment installation for butter when using the energy of electromagnetic field of ultrahigh frequency.

Ключевые слова: *сливочное и топленое масло, сверхвысокочастотный генератор, цилиндрическая перфорированная резонаторная камера.*

Keywords: *dairy butter and melted butter, ultrahigh-frequency generator, cylindrical punched resonating chamber.*

Актуальность исследуемой проблемы. Обеспечение эффективного функционирования установок, повышение качества и сокращение потерь продукции возможны за счет организации переработки сырья непосредственно у производителя, что является наиболее эффективным резервом для развития производственных сельскохозяйственных предприятий, поэтому применение термообработки СВЧ-энергоподводом в технологических процессах переработки сырья, позволяющей улучшить качество продукции и снизить энергетические затраты, актуально.

Материал и методика исследований. В работе применены основы теории электромагнитного поля, теории процесса диэлектрического нагрева. Экспериментальные исследования проводились в соответствии с разработанными частными методиками и базировались на разработке установки для термообработки сливочного масла и эффективных технологических процессов. Основные расчеты и обработка результатов экспериментальных исследований выполнялись с применением методов математической статистики и регрессионного анализа при использовании теории активного планирования многофакторного эксперимента.

Результаты исследований и их обсуждение. Целью настоящего исследования являются разработка и обоснование режимов работы установки для термообработки сливочного масла с использованием энергии ЭМП СВЧ, позволяющей улучшить качество топленого масла при сниженных энергетических затратах.

Основываясь на существующих способах и технических средствах для термообработки сливочного масла, мы предлагаем воздействовать ЭМП СВЧ на сливочное масло в процессе перекачивания его через перфорированные резонаторные камеры для улучшения качества топленого масла.

Технологическая схема выработки топленого масла предусматривает следующие операции: залив воды в рабочую емкость; загрузку масло-сырья; многократное перекачивание смеси воды с частично расплавленным сырьем через перфорированные резонаторные камеры с помощью центробежного насоса; эндогенный нагрев сырья в перфорированных резонаторных камерах в процессе перекачивания; добавление соли; слив продукции с рабочей емкости в фильтрационную тару; охлаждение топленого масла.

Пользуясь основами проектирования, расчетом и конструированием технологического оборудования пищевых предприятий мы разработали нижеописанную СВЧ-установку для термообработки сливочного масла [4].

СВЧ-установка (рис. 1) [3] содержит перфорированные резонаторные камеры 4 в рабочей емкости 1 (в экранном корпусе), с наружной стороны которой прикреплены генераторные блоки 2 так, что излучатели направлены в соответствующие резонаторные камеры. Центробежный насос 7, соединенный с трубопроводом 6, служит для перекачивания продукта. Производительность установки зависит от количества генераторных блоков с резонаторными камерами и их мощности. Предварительное снижение вязкости сливочного масла происходит на поверхности резонаторной камеры за счет воздействия краевого эффекта ЭМП СВЧ, возникающего на перфорации. Это позволяет увеличить скорость истечения частично расплавленного сырья через перфорацию в резонаторную камеру, где осуществляется его термообработка за счет токов поляризации. Благодаря центробежному насосу жидкая продукция многократно перекачивается через рабочую емкость. Для ограничения попадания крупных частиц сырья и примесей в насос на нижнем основании емкости предусмотрен фильтр 16.

Рабочая емкость, выполненная из неферромагнитного материала, предназначенная для приемки масло-сырья и содержащая перфорированные резонаторные камеры, обеспечивает общую экранизацию потока электромагнитных излучений, причем конфигурация цилиндрической емкости наиболее удобна для монтажа основных узлов, а размеры боковых сторон обеспечивают монтаж двух резонаторных камер на одной горизонтальной плоскости так, что между их основаниями имеется расстояние не менее четверти длины волны. Высота емкости согласована с количеством рядов резонаторных

камер, влияющих на производительность установки, при этом расстояние между рядами составляет также не менее четверти длины волны, что необходимо для ограничения краевого потока электромагнитных излучений.

Резонаторные камеры обеспечивают поточность процесса термообработки маслосырья за счет перфорации, причем размеры перфорации и ее плотность на поверхности камеры согласованы с краевым потоком мощности электромагнитных излучений. При этом силовые линии электрического поля замыкаются через сырье, находящееся на наружной поверхности камеры, что и обеспечивает его предварительный нагрев и уменьшение вязкости (за счет циркуляции теплой воды и действия краевого потока излучений). Сырье стекает внутрь перфорированной камеры по мере уменьшения вязкости и за счет работы центробежного насоса.

Центробежный насос, позволяющий циркулировать сырье определенной вязкости через перфорированные резонаторные камеры, осуществляет гомогенизацию смеси (жидких и нерасплавленных частиц сливочного масла), уменьшая ее вязкость, что снижает энергетические затраты на термообработку за счет эндогенного нагрева. Количество циркуляций через резонаторные камеры согласовано с продолжительностью воздействия (160…180 с), с удельной мощностью СВЧ-генератора (2…4 Вт/г) и объемом загрузки смеси сливочного масла с водой. В СВЧ-установке производительностью 30 кг/ч количество циркуляций составляет в пределах 27…30 [2].

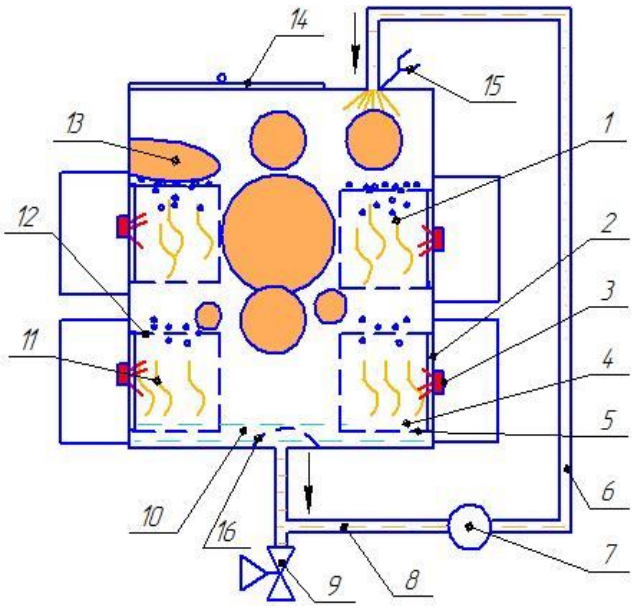


Рис. 1. ***Схематическое изображение СВЧ-установки для термообработки сливочного масла:***
1 – рабочая емкость; 2 – СВЧ-генераторы; 3 – магнетрон; 4 – цилиндрические перфорированные резонаторные камеры; 5 – диэлектрическая пластина; 6 – трубопровод для перекачивания продукта в емкость; 7 – центробежный насос; 8 – трубопровод для выкачивания продукта с емкости;
9 – вентиль для слива топленого масла; 10 – топленое масло (смесь с осадком);
11 – частично расплавленное сливочное масло; 12 – перфорация резонаторной камеры;
13 – сливочное масло; 14 – крышка рабочей емкости; 15 – термопара; 16 – фильтр

Техническая новизна конструктивного исполнения СВЧ-установки состоит в том, что она содержит экранный корпус 2, внутри которого расположены цилиндрические перфорированные резонаторные камеры 3. Они вворачиваются в соответствующие диэлектрические пластины, жестко закрепленные к внутренней поверхности корпуса в тех областях, где имеются излучатели от СВЧ-генераторов (рис. 2). Электронные блоки 1 установлены с внешней стороны экранного корпуса, содержащего загрузочную крышку, причем между нижним и верхним основаниями корпуса установлен трубопровод 4, соединенный с циркуляционным насосом 5 для перекачивания сырья.

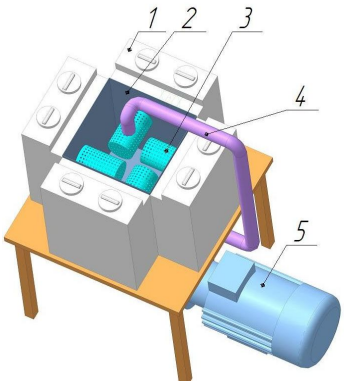


Рис. 2. ***Пространственное изображение СВЧ-установки для термообработки сливочного масла: 1 – электронные блоки СВЧ-генераторов; 2 – экранный корпус; 3 – цилиндрические перфорированные резонаторные камеры; 4 – трубопровод; 5 – насос для перекачивания сырья***

Технические характеристики СВЧ-установки для термообработки сливочного масла приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики СВЧ-установки

Количество СВЧ-генераторов	1	2	4
Производительность, кг/ч	7,5	15	30
Масса единовременной загрузки сырья, кг	0,5	1	2
Потребляемая мощность СВЧ-генератора, Вт	1200	2400	4800
Потребляемая мощность центробежного насоса, Вт	550	550	550
Потребляемая мощность СВЧ-установки, Вт	1750	2950	5350
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,233	0,196	0,178
Габариты, мм	800 x 1000 x 1000		

Технологический процесс производства топленого масла методом отстоя осуществляется в следующей последовательности. В рабочую емкость перед загрузкой масло-сырья наливают горячую воду (50…60 °С) в количестве 15,0 % от массы перетапливаемого сырья. Затем масло-сырье загружают и проводят термообработку смеси в процессе перекачивания через перфорированные резонаторные камеры. Температуру расплава масло-сырья в зависимости от его качества доводят до 70…100 °С. Далее смесь сливают из емкости в фильтрационную тару. После осветления жировой расплав охлаждают до тем-

пературы 35…40 °С и фасуют. Качество продукции при этом намного лучше, чем при базовом варианте (протокол испытаний № 1115 лаборатории ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Чувашской Республике») [1]. Хранят топленое масло при температуре 3…5 °С. Выход топленого масла с 1 кг сливочного масла жирностью 72,5 % составляет 700…720 мл.

Резюме. Разработанная установка для термообработки сливочного масла с использованием энергии электромагнитных излучений позволяет получить топленое масло повышенного качества при сниженных энергетических затратах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Александрова, Г. А.* Результаты исследования технологического процесса термообработки сливочного масла / Г. А. Александрова, М. В. Белова // Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Молодежь и инновации». – Чебоксары : ЧГСХА, 2013. – С. 188–190.

2. *Александрова, Г. А.* Сверхвысокочастотный маслоплавитель / Г. А. Александрова, О. В. Михайлова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 12–14.

3. *Александрова, Г. А.* Экономическая эффективность применения СВЧ-маслоплавителя в фермерских хозяйствах / Г. А. Александрова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 9–11.

4. *Белова, М. В.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Д. В. Поручиков, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.

УДК 658.5(07) + 658.562.012.7

ПРОБЛЕМЫ ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ УСЛУГ В ПРОМЫШЛЕННОЙ СФЕРЕ

ISSUES OF PROVIDING HIGH-QUALITY SERVICES IN THE INDUSTRIAL SPHERE

Ю. А. Андриянова

Y. A. Andriyanova

ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», г. Санкт-Петербург

Аннотация. В статье анализируются проблемы, связанные с особенностями рынка услуг, широким спектром их видов, специфическими свойствами. Особое внимание уделено промышленным услугам, их классификационным признакам. Обозначена взаимосвязь услуг с жизненным циклом выпускаемой продукции и проблемами ее эксплуатации. Рассмотрены интеграционные процессы в этой сфере, а также характеристики качества услуг и методики его оценки.

Abstract. The article analyzes the issues of peculiarities of services market, the kinds of these services, their specific features. Special attention is paid to the industrial services, classification features of these services. The article points out the interrelation of life cycle of produced products and problems of its service. It considers the integration processes in this sphere and also the quality of services and the methods of its evaluation.

Ключевые слова: *промышленные услуги, рынок услуг, проблемы предоставления услуг, научно-технический подход к оказанию услуг, качество услуг, управление качеством.*

Keywords: *industrial services, services market, issues of providing services, scientific and technical approach to providing services, quality of services, quality management.*

Актуальность исследуемой проблемы. В условиях современного информационного общества все большую значимость приобретает перспективная и быстрорасширяющаяся сфера услуг. Как отмечал американский специалист в области качества Джозеф Джуран: «Потребитель всегда покупает услугу, даже если ему кажется, что он покупает промышленную продукцию».

В основе технического прогресса находится создание высокотехнологичных и трудоемких, наукоемких и неметаллоемких отраслей производства. Наличие и развитие научно-практических разработок в этом направлении широко освещается в специальной литературе и средствах массовой информации. А вот в области выделения и развития сферы промышленных услуг, значимость которой стремительно растет, остро ощущается необходимость новых подходов и научных исследований.

Материал и методика исследований. Работа проводилась на материалах электротехнической промышленности Чувашской Республики. Применялись методы обобщения литературных источников, исторической ретроспективы, наблюдения, анализа проблемных ситуаций.

Результаты исследований и их обсуждение. В национальной экономике интенсивное развитие приобретает индустрия услуг. Спрос на услуги возрастал и раньше, но в индустриальном обществе услуги чаще всего сопровождали производство, не выделяясь в отдельную сферу деятельности, как сегодня. Рынок насыщался, прежде всего, товарами и продукцией, а спрос на услуги интенсивно стал расти только в последние десятилетия. В настоящее время появляются новые виды услуг, проявляются их специфические особенности и за счет этого удовлетворяются разнообразные потребности рынка. Широкий спектр услуг, предоставляемый в промышленной сфере, подвержен влиянию и неотделимо связан с качественными характеристиками продукции, ее потребительскими свойствами. Потребителю, по сути, требуется услуга, даже если он покупает промышленную продукцию. Следует отметить, что процесс оказания услуги в промышленности неотделим от жизненного цикла продукции. Поскольку в сложной совокупности стадий производства и потребления продукции все является важным, начиная от первоначальной идеи с определением предпочтений потребителя и до их удовлетворения. Жизненный цикл промышленной услуги может продлить жизненный цикл продукции и оказать влияние на систему следующего уровня – организацию, т. е. повлиять на ее конкурентоспособность. Потребители чаще стали обращать внимание не столько на продукцию, ее характеристики и свойства, сколько на услуги, связанные с расширенными возможностями ее потребления, содержания и эксплуатации. Причем многие услуги интересуют потребителя не в отдельности, а в комплексе. Именно о предоставлении комплекса услуг (в него входят основной процесс услуги и ряд дополнительных возможностей) задумывается потребитель, отдавая широкому спектру услуг свое предпочтение. Решение проблемы предоставления комплекса услуг в промышленной сфере – задача перспективная в научно-исследовательском и практическом плане.

В современных условиях важность услуг в промышленной сфере непрерывно возрастает по многим причинам. Среди них выделяют закрепление приоритетности развития услуг в государственной политике; развитие кластерного подхода с концентрацией быстро растущего числа организаций, трудовых и иных ресурсов в индустрии услуг; ориентацию деятельности предприятий на маркетинговые подходы и учет интересов потребителя; реализацию принципов управления качеством в индустрии услуг.

Рынок услуг как разновидность товарного рынка изучается отдельно в маркетинге лишь несколько десятилетий, что потребовало применения маркетингового подхода к решению возникающих проблем. Исследователи выделяют ряд особенностей и специфических черт рынка услуг [1]: высокую динамику рыночных процессов и интенсивный рост спроса; территориальную неоднородность и сегментацию; ускоренную оборачиваемость капитала (в силу более короткого производственного цикла услуги); высокую чувствительность к изменениям рыночной среды; специфику процессов организации производства и оказания услуг; высокую дифференциацию услуг (диверсификацию, персонификацию и индивидуализацию спроса на услуги); стимул к инновациям (обуславливает появление новых услуг, поиск которых становится первоочередной задачей); неопределенность результата оказания услуг (результат, подверженный влиянию различных характеристик, который не может быть заранее определен; окончательная оценка дается только после потребления услуги). В ходе рассмотрения особенностей рынка промышленных услуг в электротехнической сфере нами получено подтверждение выделенных тенденций. В результате проведенного анализа сильных и слабых сторон промышленных услуг обозначены необходимые ориентиры: внедрение ресурсо- и энергосберегающих

технологий в условиях кластерного подхода, обеспечение надежности в электроэнергетике, внедрение ресурсо- и энергосберегающих технологий в условиях кластерного подхода, повышение их качества и конкурентоспособности.

Услуги как вид деятельности приобретают все более сложный характер как по своей сути, так и по их назначению. Выработка классификационных критериев имеет немаловажное значение, поскольку к созданию классификационных схем каждый автор старается подойти со своей, отличающейся от других научной трактовкой, что приводит к распространению зачастую несопоставимых подходов и затрудняет их анализ в различных отраслях. Так, сфера государственных, социальных и бытовых услуг часто рассматривается в литературе, достаточно подробно освещается их структура, требования и оценка качества, но для промышленных услуг эти критерии проработаны крайне ограничено. Особенно многочисленными являются критерии классификации в научном и методологическом смысле [2].

Услуги по назначению и характерным признакам можно подразделить:

1) на материальные, к ним относятся жилищно-коммунальные, бытовые услуги, ремонт и изготовление запчастей, услуги транспорта, складского хозяйства, общественного питания и т. д.;

2) деловые: технические, интеллектуальные, финансовые и др.;

3) социокультурные: образование, здравоохранение, безопасность, саморазвитие;

4) производственно-технические: эксплуатация, ремонт, консультация и пр.

В свою очередь, разнообразие услуг представлено в сфере производственно-технического назначения, где также нет единой классификационной схемы. Здесь выделяют следующие услуги:

– инжиниринг (развитие и проектирование промышленных объектов);

– техническое обслуживание (ремонт, установка, пусконаладка, диагностические методы контроля состояния эксплуатации);

– предпродажные и послепродажные услуги (сборка и разборка оборудования и др.);

– прочие услуги: нарезка, сортировка, хранение и аренда и т. п.

Специфические особенности услуг связаны с их неоднородностью, неосязаемостью (нематериальностью), несохраняемостью, нестабильностью, совпадением производства и потребления услуг, вовлеченностью потребителя, невозможностью точной оценки результата услуг и др. [4]. Благодаря особенностям услуги выделены в самостоятельный объект исследования, отличающийся от товара или продукции. Эти особенности находят свое отражение и в сфере предоставления промышленных услуг, где необходима детальная проработка этого вопроса.

Большое число звеньев производственной системы и посредников, которые являются, по сути, предприятиями сервиса, оказывают только услуги, связанные с производимым, продвигаемым на рынок или продаваемым продуктом на разных участках производственной цепи [1].

В условиях высокой интеграции, развития форм объединений и сотрудничества промышленные предприятия вынуждены выделять структуры, предоставляющие потребителю необходимые виды услуг. Через новые формы аутсорсинга и инсорсинга промышленные предприятия сами потребляют различные услуги и одновременно создают для этого научно-производственные объединения, торгово-промышленные компании, финансово-промышленные группы и т. п. Потребителю продукции необходимы все сопутствующие услуги, если они не предоставляются непосредственно производителем, то

сложно выбрать из множества конкурирующих компаний наиболее качественно оказывающие услуги. И все же интеграционные процессы уже не остановить. Интегрированная среда охватывает предприятия – поставщика, эксплуатанта, сервисные службы, ремонтные подразделения и другие объекты. На примере электротехнической отрасли, создание такой среды и соответствующих условий (прежде всего, стандартов) оказания промышленных услуг является принципиально новой для промышленности задачей, требующей научно-технического решения в ближайшее время.

С одной стороны, основным источником различного рода услуг выступают как промышленные предприятия, так и непосредственно созданные для оказания услуг организации. С другой стороны, разрешение проблемы предоставления комплекса услуг не может сводиться лишь к одной организации определенной структуры, даже если она и берет на себя соответствующие функции, а должно осуществляться с учетом заданных технологических процессов, определенных регламентов, процедур оценки и контроля качества.

В условиях жесткой конкуренции организации не могут существовать без инноваций и активно включаются в поиск новых способов создания услуг для потребителя, так как его компетентность и требовательность постоянно повышаются. Покупатель видит все меньше технических различий между конкурентными предложениями организаций, отсюда и возникает необходимость создания преимуществ за счет достижения добавленной ценности [4]. Неудовлетворенность качеством услуг приводит к потерям доли рынка и снижению конкурентоспособности и прибыльности предприятия. Именно поэтому в индустрии услуг необходимо выявлять и даже формировать потребности и предпочтения целевых групп потребителей.

Покупатель как главное лицо бизнеса стремится к соответствию цены и качества услуг. Практика деятельности свидетельствует, что, как правило, потребитель услуг жалуется на ее высокую цену намного реже, чем покупатель продукции или товара. При этом добавленная стоимость услуг значительно превосходит прямые затраты на производство продукции. В электротехнической отрасли это особенно ярко проявлено, так как подтверждается правило: «Чем дешевле оборудование – тем дороже его обслуживание».

Среди проблем, связанных с эксплуатацией промышленной продукции, согласно проведенным исследованиям в электротехнической отрасли, выделяют отсутствие квалифицированного (в том числе и профилактического) технического обслуживания, несвоевременную диагностику, ошибки монтажа и пуско-наладки, неисправность, нарушение условий эксплуатации (механические повреждения, запыленность, нарушение герметичности, аварийные ситуации, изменение условий размещения оборудования и т. п.). Причем основная проблема, особенно на рынке промышленных услуг, – отсутствие технологии. По сути, каждая организация сама определяет, что и как делать при обслуживании, создает (это в лучшем случае) собственную (внутреннюю) технологическую документацию на все комплексы услуг, ведет учет и контроль. Наличие стандартов приобретает большую значимость в области обеспечения качества предоставления услуг.

Качество услуг определяется действием многочисленных факторов, носящих случайный и субъективный характер, и связано с множеством уже названных проблем. Можно согласиться с мнением большинства ученых: о качестве услуг трудно судить, а еще труднее его оценить (определить). Усложняет в данном случае ситуацию большое количество нормативных документов, регулирующих качество. В ряде отраслей промышленности до сих пор действуют нормы, установленные ранее существовавшими методами, отдельные моменты носят противоречивый характер.

Существуют различные классификации показателей качества услуг. Так, международный стандарт ИСО 9004-2001 [3] предлагает использовать две группы показателей качества – количественные и качественные. Качество услуг уже является качественной характеристикой и выделение количественных показателей скорее условно и связано с возможностью их измерения.

Следует учесть, что особенности услуг и их оказание предопределяют показатели качества услуг. Обозначим эти показатели: функциональное назначение; безопасность; надежность; качество обслуживания (культура обслуживания); организация и дизайн места оказания услуг; полнота и точность их исполнения профессиональное мастерство; эффективность взаимоотношений. Качество в этом смысле не имеет абсолютной оценки. Все же большинство количественных показателей качества услуг являются относительными. При определении качества услуг используются методы оценки несоответствий (разрывов), методы экспертных оценок, рейтинговый и т. д. В методическом и практическом плане оценка качества услуг может стать трудоемкой и неэффективной, если пытаться учесть всю совокупность показателей. Целесообразнее анализ качества услуг проводить с использованием ограниченного числа показателей, наиболее значимых для потребителей, а для этого разработаны опросные листы и внедрен механизм online-поддержки, внедренный в ряде предприятий отрасли. Для этих целей потребовалось создание единой целостной методики оценки качества услуг, а также аттестация предприятий как подтверждение качества предоставляемых ими услуг в целях повышения их конкурентоспособности.

Резюме. Можно сделать вывод, что в промышленной сфере возрастает важность услуг, возникают проблемы предоставления комплекса и дополнительных услуг, государственные программы направлены на развитие и концентрацию усилий в индустрии услуг, но необходима ориентация на потребителя с учетом концепции всеобщего управления качеством. Для решения проблем предоставления промышленных услуг важно классифицировать широкий спектр услуг, сопоставить действующие нормы, разработать технологии предоставления, контроля и оценки качества услуг: минимальные стандарты качества и комплекты типовой эксплуатационной документации; шеф-надзор за правильностью и качеством оказания услуг с целью диагностики выявления отклонений от требований к качеству, определяемых нормативными документами, их причин; разработки мероприятий по устранению нарушений и повышению качества обслуживания. Таким образом, осуществление полноценного и правильно организованного комплекса услуг улучшит качество самой продукции, продлит сроки эксплуатации, что в конечном итоге поможет значительно снизить затраты и повлияет на конкурентоспособность предприятия в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Аванесова, Г. А.* Сервисная деятельность: историческая и современная практика, предпринимательство, менеджмент : учебное пособие для студентов вузов / Г. А. Аванесова. – 2-е изд. – М. : Аспект Пресс, 2006. – 320 с.

2. *Биндиченко, Е. В.* Состав и структура сферы услуг / Е. В. Биндиченко, Н. А. Платонова // Сфера услуг: проблемы и перспективы развития : в 4 т. Т. 1 : Формирование сферы услуг / под ред. акад. Ю. П. Свириденко. – М. : ВЕГА ИНТЕЛ, 2000. – 448 с.

3. *ГОСТ* Р ИСО 9004-2001. Системы менеджмента качества. Рекомендации по улучшению деятельности (утв. Постановлением Госстандарта РФ от 15.08.2001 № 334-ст) (ред. от 07.07.2003).

4. *Ламбен, Ж.-Ж.* Стратегический маркетинг. Европейская перспектива / Ж.-Ж. Ламбен. – СПб. : Наука, 1996. – 589 с.

УДК 636.03

ВЛИЯНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТНЫХ ДОБАВОК В РАЦИОНЕ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ

INFLUENCE OF TRACE ELEMENT ADDITIVES ON GROWTH INDICES OF YOUNG PIGS

И. Ю. Арестова, В. В. Алексеев

I. Y. Arestova, V. V. Alekseev

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований влияния обогащения основного рациона микроэлементными добавками отечественного производства на поедаемость кормов и рост организма боровков, содержащихся в агроландшафтных условиях центральной части Чувашской Республики. В результате эксперимента установлено, что введение в рацион Пермамика в сочетании с биопрепаратом Кальцефитом-5 в периоды отъема, доращивания и откорма положительно сказывается на поедаемость корма и динамику роста подопытных животных.

Abstract. The article presents the results of the research of the effect of the microelement additives of domestic production on the feed palatability and growth of hogs raised in the central part of the Chuvash Republic. It has been established that the introduction of Permamik in combination with biopreparation Kaltsefit-5 into the diet during weaning, rearing and fattening has a positive effect on the feed palatability and the growth dynamics of experimental animals.

Ключевые слова: *боровки, биогенные вещества, агроландшафтные особенности, рацион, кормление, поедаемость кормов.*

Keywords: *hogs, biopreparation, agrolandscape characteristics, diet, feeding, palatability of the feed.*

Актуальность исследуемой проблемы. Одной из основных отраслей мясного животноводства является свиноводство. Оно считается наиболее выгодной, так как свиньи имеют такие биологические особенности, как повышенная энергия роста, высокий прирост, скороспелость, короткий период супоросности, многоплодие. Однако по потреблению свинины Россия отстает от ведущих стран [11]. И тот факт, что объемы поставок импорта свинины составляют почти четвертую часть от внутреннего производства, снижает продовольственную безопасность не только страны в целом, но и его регионов [8], [9], [10]. В связи с этим отечественные свиноводы должны ставить перед собой задачу по внедрению в отрасль ресурсосберегающих экологичных технологий, улучшающих конверсию корма, повышающих безопасность животноводческой продукции и сохраняющих экологическое равновесие окружающей среды [6].

Обогащение трепелов органическими соединениями микроэлементов и биологически активными веществами растительного и животного происхождения позволяет повысить эффективность их использования [3].

В этой связи целью работы явилось изучение влияния использования Пермамика и Кальцефита-5 на поедаемость корма и особенности ростовых процессов у боровков в условиях центральной зоны Чувашской Республики.

Исходя из поставленной цели были выдвинуты следующие задачи: изучить поедаемость кормов боровками при обогащении его Пермамиком и Кальцефитом-5; оценить динамику роста организма.

Материал и методика исследований. Работу выполняли в течение 2007–2012 годов на кафедре биоэкологии и географии Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, на животноводческом комплексе Янтиковского района Чувашской Республики.

На СХПК «Красная Чувашия» для кормления боровков использовался концентратно-картофельный тип кормления с включением в комбикорма зернофуража собственного производства.

Согласно почвенно-географическому районированию Чувашской Республики территория сельскохозяйственного предприятия «Красная Чувашия» относится к зоне серых лесных и темно-серых лесных почв [4]. Минеральный состав почв характеризуется низким уровнем содержания I, Mn, Mo, Cr, недостаточным количеством усвояемых форм N, F и K, средним уровнем содержания Fe, Zn, Al, Co, Si.

Рационы по основным показателям в среднем за период наблюдений содержали: 21,3–43,6 МДж/кг обменной энергии, 16,9–29,7 % сырого протеина, 4,3–7,2 % сырой клетчатки, 2,8–5,1 % сырого жира; 0,8–1,3 % лизина, 0,55–0,75 % метионин+цистина, 0,3–0,8 % кальция и 0,2–0,5 % фосфора; 2,20–4,77 кормовых единиц.

Проведен эксперимент с использованием 30 боровков, для чего их подбирали по принципу аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, возраста, породы, живой массы по 10 животных в каждой группе. Основной рацион по питательности соответствовал нормам [5].

Боровков первой группы (контроль) с 60- до 300-дневного возраста (учетный период наблюдений) содержали на основном рационе (ОР). Животным второй группы на фоне ОР с 60- до 120-дневного возраста ежедневно скармливали Пермамик (сложный порошок, состоящий из цеолитсодержащего трепела Алатырского месторождения Чувашии, ТУ 9317-018-00670433-99) в дозе 1,25 г/кг массы тела (м. т.). Животным третьей группы на фоне ОР назначали Пермамик в вышеуказанной дозе и сроках, а с 60- до 180-дневного возраста – Кальцефит-5 (минеральную кормовую добавку, содержащую кальций, фосфор, калий, магний, серу, железо, медь, марганец, йод, кремний, фтор, костную муку, ТУ 9219-001-50021486-2002) в дозе 5 г на каждые 10 кг м. т.

На протяжении всего опыта у 5 животных из каждой группы на 60-, 120-, 180-, 240- и 300-й день жизни изучали весо-ростовые параметры.

Фактическое потребление комбикорма определяли путем проведения контрольного кормления – один раз в декаду. Расчет содержания обменной энергии в кормах производился по формуле: ОЭ = 20,85 пП + 36,63 пЖ + 14,27 пК + 16,95 пБЭВ, где ОЭ – обменная энергия, МДж/кг; пП – переваримый протеин, г; пЖ – переваримый жир, г; пК – переваримая клетчатка, г; пБЭВ – переваримые безазотистые экстрактивные вещества, г.

Полученные цифровые данные обрабатывали методом вариационной статистики с использованием критерия (t) Стьюдента при помощи программного комплекса статистической обработки «Microsoft Excel-2003». Оценка достоверности различий между средними значениями осуществлялась при достоверной вероятности 95 % (P>0,05) [7].

Результаты исследований и их обсуждение. Отмечено, что показатели живой массы боровков опытных групп на протяжении эксперимента были выше, чем таковые сверстников контрольной, начиная с 180-дневного возраста, в среднем на 1,0 (P>0,05) – 27,5 % (P<0,05), с преимуществом в пользу животных, выращенных с использованием Пермамика с Кальцефитом-5, в среднем на 7,9–17, 5 % (P<0,05).

Подобная закономерность обнаружена при анализе характера изменений среднесуточного прироста массы тела у животных сравниваемых групп. Боровки опытных групп по данному ростовому показателю, начиная с 120-дневного возраста, превосходили контрольных сверстников в среднем на 8,2–20,5 % (P<0,05), с существенным преимуществом в пользу животных, выращенных с Пермамиком и Кальцефитом-5.

В среднем за учетный период наблюдений у боровков расход кормосмеси на 1 голову в контрольной группе составил от 2,15±0,08 до 3,14±0,10 кг/сут., в опытных – от 2,38±0,11 до 3,88±0,06 кг/сут.

Таким образом, дополнение рациона испытуемыми биопрепаратами способствовало повышению поедаемости кормосмеси животными опытных групп в среднем на 1,9 (P>0,05) – 23,3 % (P<0,05) по сравнению с интактными сверстниками.

Боровки всех групп довольно хорошо переваривали все питательные вещества рационов, и коэффициент перевариваемости органических веществ составил в контрольной группе в среднем 76,85±0,22, а в опытных – 78,13±0,25 (P>0,05) – 79,65±0,42 % (P<0,05), протеина – 75,74±0,31 и 77,45±0,41 (P>0,05) – 83,11±0,42 % (P<0,05), жира – 58,50±0,32 и 61,08±0,33 (P>0,05) – 64,23±0,33 % (P<0,05), клетчатки – 34,03±0,10 и 35,62±0,51 (P>0,05) – 37,32±0,32 % (P<0,05), БЭВ – 85,86±0,11 и 86,55±0,25 (P>0,05) – 88,36±0,17 % (P<0,05) соответственно.

За учетный период на прирост 1 кг живой массы израсходовано в среднем энергетических кормовых единиц (ЭКЕ) и перевариваемого протеина в контрольных группах 5,10–5,22 и 508,3–522,1 г, в опытных – 4,60–4,70 и 479,6–476,5 г.

Полученный эффект синергизма при совместном применении испытуемых препаратов согласуется с представлениями, что обогащение цеолитовых туфов соединениями микроэлементов и биологически активными веществами, содержащимися в биодобавке Кальцефит-5, дает возможность повысить эффективность их использования [1], [2].

Установленные выше факты свидетельствуют о том, что применение животным Пермамика и Кальцефита-5 в разных сочетаниях и дозах способствует усилению процессов пластического обмена за счет получения опытными животными сбалансированного по всем необходимым параметрам корма и недостающих минеральных элементов для синтеза биополимеров, свойственных организму свиней, что положительно отражается на постнатальном гистогенезе и морфогенезе.

Резюме. Экспериментально доказано, что обогащение рациона боровков, содержащихся в геохимических условиях центральной зоны Чувашии, Пермамиком совместно с Кальцефитом-5 в периоды их отъема, доращивания и откорма сопровождалось улучшением показателей поедаемости корма, перевариваемости питательных веществ рационов.

Масса тела и ее среднесуточный прирост у 60-, 120-, 180-, 240-, 300-, 360-дневных боровков опытных групп, содержавшихся с назначением изучаемых биогенных препаратов, были выше, чем у интактных животных. Причем при совместном применении на фоне ОР Пермамика с Кальцефитом-5, начиная с 120-дневного возраста и до конца наблюдений, у боровков росто-весовые параметры стали больше по сравнению с контрольными сверстниками на 5,3–29,2 % ($P<0,05$).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев, В. В.* Микроэлементные добавки в рационе продуктивных животных / В. В. Алексеев, И. Ю. Арестова, Н. П. Ларионова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 68–71.

2. *Алексеев, В. В.* Особенности гематологической картины хрячков при назначении «Пермаита», «Кальцефита-5» и «Седимина®» / В. В. Алексеев, И. Ю. Арестова, О. А. Пешкумов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2010. – № 1 (65). – С. 13–15.

3. *Зотеев, В. С.* Обмен веществ и мясная продуктивность бычков при скармливании витаминно-минеральных концентратов с цеолитовым туфом / В. С. Зотеев, М. П. Кирилов // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2008. – Вып. 1. – С. 53–56.

4. *Ильина, Т. А.* Мониторинг земель Чувашской Республики : информационный бюллетень / Т. А. Ильина, О. А. Васильева, Л. Н. Михайлов. – Чебоксары : Б. и., 2008. – 110 с.

5. *Калашников, А. П.* Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочник / А. П. Калашников, В. И. Фисинин, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменов. – М. : Знание, 2003. – 456 с.

6. *Комлацкий, Г. В.* Экологизация свиноводства / Г. В. Комлацкий // Сборник научных трудов Sworld. Материалы международной научно-практической конференции. – 2012. – Вып. 1. – Т. 32. – С. 15–16.

7. *Лакин, Г. Ф.* Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.

8. *Людвиг, Е.* Анализ импорта свиноводческой продукции как фактора, сдерживающего рост производства свинины в России / Е. Людвиг // Главный зоотехник. – 2010. – № 8. – С. 61–66.

9. *Пшеничников, В. В.* Региональные проблемы управления продовольственной безопасностью в условиях вступления в ВТО / В. В. Пшеничников, Г. А. Рубан // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. – 2011. – Т. 4. – № 127. – С. 71–76.

10. *Ушачев, И. Г.* О мерах по обеспечению конкурентоспособности продукции российского сельского хозяйства в условиях присоединения к ВТО / И. Г. Ушачев // Агропродовольственная политика России. – 2012. – № 7. – С. 2–7.

11. *Шарнин, В. Н.* Основные направления развития свиноводства в Российской Федерации / В. Н. Шарнин // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2012. – № 1. – С. 74–77.

УДК 636.03

ПОВЫШЕНИЕ ПОЛНОЦЕННОСТИ КОРМЛЕНИЯ МОЛОДНЯКА СВИНЕЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В РАЦИОНАХ БИОПРЕПАРАТОВ

INCREASE OF FULL VALUE FEEDING OF YOUNG PIGS USING BIOPREPARATIONS

И. Ю. Арестова, В. В. Алексеев

I. Y. Arestova, V. V. Alekseev

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований влияния Пермаита, Пермамика и Кальцефита-5 на ростовые показатели организма хрячков при обогащении ими основного рациона в агроландшафтных условиях южной части Чувашской Республики. В результате эксперимента установлено, что обогащение основного рациона Пермаитом, Пермамиком и Кальцефитом-5 в различных сочетаниях и дозах положительно сказывается на поедаемость корма и динамику роста подопытных животных.

Abstract. The article presents the results of what effect Permait, Permamik and Kaltsefit-5 have on the growth rates of the body of boars when enriching the basic diet by means of these biopreparations under the agrolandscape conditions in the southern part of the Chuvash Republic. The experiment has demonstrated that the enrichment of the basic diet by Permait, Permamik and Kaltsefitom-5 in various combinations and doses has a positive effect on the palatability of feed and dynamics of growth of experimental animals.

Ключевые слова: *хрячки, биопрепараты, агроландшафтные особенности, рацион, кормление.*

Keywords: *boars, biopreparations, agrolandscape characteristics, diet, feeding.*

Актуальность исследуемой проблемы. Агроресурсный потенциал сельскохозяйственных предприятий нарушен, местные, региональные и глобальные экологические бедствия угрожают состоянию сельскохозяйственного производства.

Пищевые цепи, в которых участвуют микроэлементы, довольно сложны. Большинство микро- и макроэлементов усваиваются растениями из почвы. Следующий этап – усвоение минеральных веществ сельскохозяйственными и дикими животными. Растения и животные служат основой для кормов и пищевых продуктов, с которыми микроэлементы поступают в организмы человека и животных. Таким образом, конечный состав микро- и макроэлементов в организме человека зависит от условий среды и качества продуктов питания [1], [2], [6].

В сложившейся ситуации возникает острая потребность в разработке комплексных мер, базирующихся на агроландшафтном подходе и обеспечивающих повышение эффективности использования имеющихся природных ресурсов, а также создание оптимальных условий для формирования рационального сельскохозяйственного производства.

В этой связи целью работы явилось изучение влияния отечественных микроэлементных добавок на поедаемость корма и особенности ростовых процессов у хрячков в условиях южной зоны Чувашской Республики.

Исходя из поставленной цели были выдвинуты следующие задачи: изучить поедаемость кормов хрячками при обогащении их Пермаитом, Пермамиком и Кальцефитом-5; оценить динамику роста организма подопытных животных.

Материал и методика исследований. Работу выполняли в течение 2007–2012 годов на кафедре биоэкологии и географии Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, на животноводческом комплексе «Байдеряковский» ЗАО «Прогресс» Яльчикского района Чувашской Республики в соответствии с государственным планом НИОКР (номера госрегистраций 01201051722, 01201358284).

На СХПК «Байдеряковский» для кормления хрячков использовались полнорационные комбикорма СК-1 и СК-5 с включением в комбикорма зернофуража собственного производства.

Согласно почвенно-географическому районированию Чувашской Республики территория ЗАО «Прогресс» относится к зоне черноземов, преимущественно оподзоленных и выщелоченных подтипов. Минеральный состав почв характеризуется низким уровнем содержания I, Co, Mn, Mo, Si, Cr, F, Fe, Zn, Al, что вызывает определенный дефицит названных микроэлементов во всех звеньях биогеохимической пищевой цепи [3].

Рационы по основным показателям в среднем за период наблюдений содержали: 25,3–48,6 МДж/кг обменной энергии, 16,5–28,3 % сырого протеина, 4,3–7,2 % сырой клетчатки, 2,7–5,2 % сырого жира; 0,7–1,2 % лизина, 0,51–0,78 % метионин+цистина, 0,3–0,9 % кальция и 0,2–0,6 % фосфора; 2,32–4,67 кормовых единиц.

Проведен эксперимент с использованием 40 хрячков, для чего их подбирали по принципу аналогов с учетом клинико-физиологического состояния, возраста, породы, живой массы по 10 животных в каждой группе. Основной рацион по питательности соответствовал нормам [4].

Хрячков первой группы (контроль) с 60- до 360-дневного возраста (продолжительность исследований) содержали на основном рационе (ОР).

Хрячкам второй группы на фоне ОР с 60- до 120-дневного возраста ежедневно скармливали Пермаит (крупнозернистый порошок на основе цеолитсодержащего трепела Алатырского месторождения Чувашской Республики, ТУ 10.07.16-00670433-97) в дозе 1,25 г/кг живой массы (ж. м.).

Хрячки третьей группы содержались на ОР с ежедневным добавлением Пермамика (сложного порошка, состоящего из цеолитсодержащего трепела Алатырского месторождения Чувашии, ТУ 9317-018-00670433-99) в период с 60- до 120-дневного возраста в дозе 1,25 г/кг ж. м.

Животным четвертой группы на фоне ОР назначали Пермамик в вышеуказанных дозе и сроках, а с 60- до 180-дневного возраста – Кальцефит-5 (минеральную кормовую добавку) в дозе 5 г на каждые 10 кг м. т.

На протяжении всего опыта у 5 животных из каждой группы на 60-, 120-, 180-, 240- и 360-й день жизни изучали весо-ростовые параметры.

Фактическое потребление комбикорма определяли путем проведения контрольного кормления – один раз в декаду. Расчет содержания обменной энергии в кормах производился по формуле: ОЭ = 20,85 пП + 36,63 пЖ + 14,27 пК + 16,95 пБЭВ, где ОЭ – обменная энергия, МДж/кг; пП – переваримый протеин, г; пЖ – переваримый жир, г; пК – переваримая клетчатка, г; пБЭВ – переваримые безазотистые экстрактивные вещества, г.

Полученные цифровые данные обрабатывали методом вариационной статистики с использованием критерия (t) Стьюдента при помощи программного комплекса статистической обработки «Microsoft Excel-2003». Оценка достоверности различий между средними значениями осуществлялась при достоверной вероятности 95 % ($P<0,05$) [5].

Результаты исследований и их обсуждение. В среднем за 300 суток (учетный период наблюдений у хрячков с момента отъема до 360-дневного возраста) расход кормосмеси на 1 голову в контрольной группе составил от 2,13±0,10 до 3,36±0,11 кг/сут., в опытных – от 2,21±0,11 до 4,24±0,08 кг/сут.

Таким образом, дополнение рациона испытуемыми биопрепаратами способствовало повышению поедаемости кормосмеси животными опытных групп в среднем на 3,6 ($P>0,05$) – 40,8 % ($P<0,05$) по сравнению с интактными сверстниками.

Хрячки всех групп довольно хорошо переваривали все питательные вещества рационов, и коэффициент переваримости органических веществ составил в контрольной группе в среднем 75,80±0,23, а в опытных – 76,12±0,22 ($P>0,05$) – 78,55±0,40 % ($P<0,05$), протеина – 75,14±0,31 и 76,41±0,31($P>0,05$) – 80,12±0,32 % ($P<0,05$), жира – 58,55±0,31 и 61,15±0,30 ($P>0,05$) – 65,13±0,31 % ($P<0,05$), клетчатки – 34,13±0,14 и 36,60±0,41 ($P>0,05$) – 38,02±0,42 % ($P<0,05$), БЭВ – 84,86±0,13 и 86,65±0,20 ($P>0,05$) – 88,77±0,27 % ($P<0,05$) соответственно.

За учетный период на прирост 1 кг живой массы израсходовано в среднем энергетических кормовых единиц (ЭКЕ) и переваримого протеина в контрольных группах 5,18–5,21 и 506,8–520,3 г, в опытных – 4,77–4,79 и 480,3–479,6 г.

Отмечено, что показатели живой массы хрячков опытных групп на протяжении эксперимента были выше, чем таковые сверстников контрольной, начиная с 120-дневного возраста, на 2,3 ($P>0,05$) – 21,0 % ($P<0,05$), с преимуществом в пользу животных, выращенных с использованием Пермамика и Кальцефита-5 в среднем на 7,9–17, 5 % ($P<0,05$).

Подобная закономерность обнаружена при анализе характера изменений среднесуточного прироста массы тела у животных сравниваемых групп. Хрячки опытных групп по данному ростовому показателю, начиная с 120-дневного возраста, превосходили контрольных сверстников в среднем на 7,8–21,4 % ($P<0,05$), с существенным преимуществом в пользу животных, выращенных с Пермамиком и Кальцефитом-5.

Резюме. Экспериментально доказано, что обогащение основного рациона хрячков, содержащихся в геохимических условиях южной зоны Чувашии, Пермаитом, Пермамиком и Пермамиком совместно с Кальцефитом-5 в периоды их раннего постнатального онтогенеза сопровождалось улучшением весо-ростовых показателей, поедаемости корма, перевариваемости питательных веществ рационов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев, В. В.* Микроэлементные добавки в рационе продуктивных животных / В. В. Алексеев, И. Ю. Арестова, Н. П. Ларионова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 68–71.

2. *Алексеев, В. В.* Особенности гематологической картины хрячков при назначении «Пермаита», «Кальцефита-5» и «Седимина®» / В. В. Алексеев, И. Ю. Арестова, О. А. Пешкумов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2010. – № 1 (65). – С. 13–15.

3. *Ильина, Т. А*. Мониторинг земель Чувашской Республики : информационный бюллетень / Т. А. Ильина, О. А. Васильева, Л. Н. Михайлов. – Чебоксары : Б. и., 2008. – 110 с.

4. *Калашников, А. П.* Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных : справочник / А. П. Калашников, В. И. Фисинин, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменов. – М. : Знание, 2003. – 456 с.

5. *Лакин, Г. Ф.* Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М. : Высшая школа, 1990. – 352 с.

6. *Орлов, Д. С.* Микроэлементы в почвах и живых организмах / Д. С. Орлов // Науки о земле. Соросовский образовательный журнал. – 1998. – № 1. – С. 61–98.

УДК [004.9: 316.4]: 342.552

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ РЕГИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ КООРДИНАТ

SOCIAL OBJECTS DESIGN TECHNOLOGY APPLYING SPATIAL COORDINATES FOR REGIONAL ADMINISTRATION INFORMATION SYSTEMS

Н. В. Бакшаева, Т. В. Митрофанова, Т. Н. Павлова

N. V. Bakshaeva, T. V. Mitrofanova, T. N. Pavlova

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. К открытой информации относится социально значимая информация, которая формируется на уровне регионального и муниципального управления, поэтому в органах государственного управления отмечается активное развитие различных форм отображения открытых данных, в том числе с использованием интерактивных картографических интернет-сервисов.

Abstract. Public data is socially significant information which is formed at the level of regional and municipal management. That is why state authorities develop different forms of public data display including the use of interactive web mapping services.

Ключевые слова: *социальный процесс, географическая информационная система, проектирование, органы государственной власти, пространственные координаты, интерактивная карта.*

Keywords: *social process, geographic information system, designing, state authorities, spatial coordinates, interactive map.*

Актуальность исследуемой проблемы. Развитие информационного общества предполагает доступность и открытость данных государственного управления регионального уровня, в том числе и в области социальных процессов. Использование пространственных данных при моделировании социальных процессов обеспечивает решение внутренних функциональных задач органов государственной власти, а также задач создания картографических сервисов, значимых для граждан и бизнеса. Технологии проектирования информационных систем с использованием пространственных данных в региональном управлении не регламентированы и предоставляют самостоятельный выбор решений.

Материал и методика исследований. В исследовании использовались методы анализа существующих технологий проектирования геоинформационных систем, изуча-

лись сравнительные характеристики требований к геоинформационным системам в государственном управлении, определялись принципы классификации социально значимых объектов проектирования.

Результаты исследований и их обсуждение. Современный этап трансформации государственного управления связан с активным использованием госорганами информационно-коммуникационных технологий и характеризуется деятельностью по предоставлению открытых данных в информационных системах общего пользования в понятных и доступных для граждан форматах. Как правило, к открытой информации относится социально значимая информация, которая формируется на уровне регионального и муниципального управления, поэтому в органах государственного управления отмечается активное развитие различных форм отображения открытых данных, в том числе с использованием интерактивных картографических интернет-сервисов. Картографические интернет-сервисы содержат изображения объектов, справочный материал по различным объектам, тематические карты различного содержания и назначения [2]. Среди социальных процессов, на которые направлено внимание региональных органов управления Чувашии, отметим необходимость укрепления физического здоровья населения и формирования потребности в здоровом образе жизни. В этих целях принята республиканская целевая программа «Формирование здорового образа жизни у населения Чувашской Республики (2010–2012 годы)», одним из критериев выполнения которой является увеличение доли населения, занимающейся физической культурой на различных спортивных объектах городов и поселений. Одной из задач программы является обеспечение открытости и доступности для граждан информации о спортивных объектах, разнообразных по спортивным направлениям и формам организации занятий. Очень часто жители слабо осведомлены о ближайших к их дому спортивных площадках, клубах, школах и секциях. В целом подобную информацию можно получить используя информационные сайты в сети Интернет, где чаще всего информация представлена в неполном объеме в виде списков адресов, изображений, рекламы, отдельных интерактивных карт (например, интерактивная карта Чебоксар), но в целом полной и постоянно обновляемой картины спортивных объектов по всей республике нет. Одним из способов получения целостной картины является создание регионального картографического информационного ресурса в виде интерактивной спортивной карты Чувашской Республики, включая муниципальные образования и поселения республики, на которой предоставляется информация по спортивным объектам не только легализованных (то есть оформленных юридически), но и обычных зон для игры в футбол, волейбол, пешеходных зон. Для выбора технологии проектирования информационно-коммуникационного сервиса для портала «Здоровая Чувашия» был проанализирован ряд тематических порталов. В исследовании принимали участие преподаватели и студенты, обучающиеся по специальности «Прикладная информатика в государственном и муниципальном управлении», а также специалисты регионального медицинского центра. Рассмотрим функциональные возможности информационного портала Федеральной целевой программы «Развитие физической культуры и спорта в РФ на 2006–2015 годы» (www.fcp-sport.ru/map), на котором тематическая карта реализована с использованием технологии API Яндекс.Карт. С помощью интерактивной карты можно найти подробную информацию, рассказывающую о спортивных сооружениях, построенных по этой программе. Есть возможность узнать месторасположение интересующего объекта, а также определить, насколько близко или далеко он находится от пользова-

теля. Пользователь получает информацию о спортивных секциях, о техническом оснащении и другие характеристики. Поиск физкультурного комплекса может быть реализован по 3-м выборкам: по типу физкультурного комплекса, по региону, по видам спорта. По результатам выбора пользователем необходимых параметров поиска на карте выводятся все метки, удовлетворяющие запросу. Однако на данной карте недостает полноты информации о спортивных объектах Чувашской Республики.

Рассмотрим также карту городского сайта Чебоксар (www.cheboksary.ws), на которой можно найти городские спортивные объекты (рис. 1).

Рис. 1. ***Интерактивная карта сайта города Чебоксары***

Web-сервис реализован на основе оригинальной, самостоятельно разработанной карты. Пользователю дополнительно предоставлен набор других карт из списка (GoogleMaps, Яндекс.Карты, OpenStreetMap). При выборе параметров поиска выводятся все метки, удовлетворяющие запросу. При нажатии на метку выводится информация об объекте. Данная карта наиболее полно отражает список спортивных объектов города Чебоксары. Приведенные примеры реализованы с помощью технологии обработки событий API Яндекс.Карт и являются базой для создания интерактивных картографических веб-приложений. К таким событиям относятся действия пользователя в активной области карты или программное обращение к электронной карте в процессе размещения или удаления на ней объектов. Для обмена с внешними программами информации о географических данных в API Яндекс. Карт разработан YMapsML–XML-язык описания географических данных.

В процессе проектирования интерактивного картографического сервиса для портала «Здоровая Чувашия» совместно был выработан ряд требований:

– интерактивная карта должна быть выполнена в понятном для пользователей сайта формате с использованием API Яндекс.Карт;

– общая структура и контент о размещаемых географических объектах должны содержаться в конфигурационных файлах формата xml;

– интерактивная карта должна взаимодействовать с оболочкой (в виде страницы web-документа с использованием программных скриптов на языке C#) и с возможностью опубликования выбранной пользователем категории;

– интерактивная карта должна иметь несколько вариантов поиска:

• по географическому признаку (районы республики);

- по типу организации;
- по спортивным ассоциациям и федерациям Чувашской Республики.

Список по типу организаций должен соответствовать согласованному с Министерством по физической культуре, спорту и туризму Чувашской Республики списку, состоящему из следующих объектов: автомотодром (картинг); аэроклуб (пароплан, парашютный спорт); бадминтонная площадка; баскетбольная площадка; бассейн; беговая дорожка; биатлон, полиатлон, триатлон; бильярдная; бойцовский зал (айкидо, вольная борьба, дзюдо, восточное боевое единоборство, каратэ (WKF), каратэ (WKC), киокусинкай, керешу, российский союз боевых искусств, самбо, ушу, ушу-саньда, тхэквандо); бокс, кикбоксинг; велосипедная дорожка; волейбольная площадка; гимнастический зал (спортивная гимнастика, спортивная акробатика, спортивная аэробика, фитнес-аэробика, художественная гимнастика); горнолыжная база; горнолыжная трасса; городошный спорт; ипподром; рыболовный клуб; ледовый каток; лыжная база; лыжная трасса; пейнтбольная площадка; пешеходная дорожка/терренкур; площадка для гольфа; радиоклуб; рампа (скейт-парк); регбол; снегоходы; спортивная школа; спортивно-адаптивная школа; спортивная площадка; клуб спортивного ориентирования; спортивный зал; стадион; скалодром; стрелковое поле (лук); стрелковый тир; танцевальный зал; теннисный корт; тренажерный зал (армспорт, боди-билдинг, гиревой спорт, пауэрлифтинг, тяжелая атлетика); туристический клуб; фитнес-центр; физкультурно-спортивный комплекс; футбольное поле; хоккейная коробка; шахматно-шашечный клуб; яхтклуб; фехтовальный зал.

Список спортивных ассоциаций и федераций Чувашской Республики должен соответствовать списку аккредитованных республиканских спортивных федераций Чувашской Республики.

По умолчанию карта настроена на изображение Чувашской Республики. Справа от карты должен быть размещен список всех спортивных объектов, представленных в Чувашской Республике, выбор района/города Чувашской Республики и выбор спортивных ассоциаций/федераций Чувашской Республики.

При выборе пользователем интересующего его спортивного объекта на карте сразу появляются иконки (метки) их местонахождения по всей Чувашской Республике. Если же пользователя интересует конкретный район, то его нужно выбрать из выпадающего списка районов Чувашии. При клике на метку появляется окно с информацией о конкретном объекте (название, адрес, телефон, сайт, фотография).

При выборе спортивной ассоциации Чувашской Республики карта показывает метки, где располагаются ассоциации. При клике на метку появляется окно с информацией о конкретной спортивной ассоциации (название, руководитель, адрес, телефон, сайт).

С точки зрения модераторов медицинского портала «Здоровая Чувашия», занимающихся обновлением информации на сайте, среди функций им необходима возможность редактирования данных выбранного проекта.

Для администратора системы необходимыми являются такие функции, как добавление, редактирование или удаление из базы проекта информации об объектах.

Поскольку информационная система является частью функционирующего медицинского портала «Здоровая Чувашия», целесообразно выбрать те же программные средства при разработке интерактивной карты. Медицинский портал «Здоровая Чувашия» разработан с использованием Web-сервера Microsoft Information Server (IIS) и СУБД Microsoft SQL Server. Программный код написан с использованием платформы ASP.NET.

Разработку системы можно представить следующими этапами:

– разработка реляционной базы данных, создание таблиц и связей между ними;

– разработка WEB-интерфейса для доступа к базе данных пользователей и реализации функций системы;

– разработка интерфейса программы для работы с базой данных и реализации функций системы.

Приведем результат разработки базы данных, содержащей информацию о спортивных объектах в виде четырех таблиц с установленными связями между ними:

– таблица 1 « Координаты объектов» (MapPoints). Хранит информацию о географической широте и долготе спортивного объекта, дополнительную информацию (адрес, руководитель, телефон, сайт, электронная почта, фото объекта);

– таблица 2 «Районы» (Regions). Хранит информацию о координатах районов Чувашской Республики;

– таблица 3 «Категории» (Category). Хранит информацию о типах спортивных объектов;

– таблица 4 «Секции» (Sections). Хранит информацию о типе: спортивный объект или спортивная федерация.

Подробное описание атрибутов таблиц приведено ниже.

Таблица 1

MapPoints

Название полей	**Тип**	**Примечание**
LINK	Int	Ключ
LINK_c	int	Ключ совпадает с ключом Category
LINK_s	int	Ключ совпадает с ключом Sections
C_NAME	nvarchar(550)	Наименование объекта
C_BOSS	nvarchar(250)	Руководитель
C_ADDRESS	nvarchar(350)	Адрес
C_PHONE	nchar(50)	Телефон
C_WWW	nvarchar(350)	Сайт
C_EMAIL	nvarchar(250)	Электронная почта
C_PHOTO	nvarchar(250)	Фото объекта
N_LAT	decimal(18, 6)	Координаты широты
N_LON	decimal(18, 6)	Координаты долготы

Таблица 2

Regions

Название полей	**Тип**	**Примечание**
LINK	int	Ключ
C_NAME	nvarchar(250)	Название района/города
N_LAT	decimal(18, 6)	Координаты широты
N_LON	decimal(18, 6)	Координаты долготы

Таблица 3

Category

Название полей	**Тип**	**Примечание**
LINK	int	Ключ
C_NAME	nvarchar(250)	Название типа объекта
C_Code	nvarchar(50)	Название иконки для типа объекта
C_Url	nvarchar(350)	Путь к иконке объекта
N_SizeX	nchar(10)	Ширина шаблона метки
N_SizeY	nchar(10)	Высота шаблона метки
N_OffSetX	nchar(10)	Смещение по горизонтали шаблона метки
N_OffSetY	nchar(10)	Смещение по вертикали шаблона метки

Таблица 4

Sections

Название полей	**Тип**	**Примечание**
LINK	int	Ключ
C_NAME	nvarchar(150)	Наименование

Дальнейшие этапы разработки позволили реализовать проект электронной интерактивной карты с размещением на ней социально значимых для граждан Чувашии объектов физической культуры и спорта.

Резюме. В исследовании рассмотрены требования к проектированию интерактивного картографического web-сервиса с целью отображения на карте социальных объектов, имеющих пространственные координаты, а также к проектированию информационного обеспечения интерактивной карты медицинского портала «Здоровая Чувашия».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бакшаева, Н. В.* Информационные системы в региональном управлении / Н. В. Бакшаева, А. Е. Софронов. – Чебоксары : Перфектум, 2010. – 304 с.

2. *Капралов, Е. Г.* Геоинформатика : учебник для студ. высш. учеб. заведений : в 2 кн. Кн. 1 / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов ; под ред. В. С. Тикунова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2010. – 400 с.

3. *Лабораторный* практикум по географическим информационным системам : учебно-методическое пособие для студентов физико-математического факультета / сост. Т. Н. Павлова, Н. В. Бакшаева. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – 132 с.

УДК 664.7

ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ МИКРОНИЗАЦИИ ЗЕРНА

TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR GRAIN MICRONIZATION

А. А. Белов, Г. В. Зайцев, Н. К. Кириллов

A. A. Belov, G. V. Zaytsev, N. K. Kirillov

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье приведено описание установки для микронизации фуражного зерна с использованием СВЧ- и индукционного генераторов. Обоснованы эффективные режимные параметры установки.

Abstract. The article describes the installation for micronization of fodder grain with the use of microwave and induction generators. Effective regime parameters of the installation are substantiated.

Ключевые слова: *электромагнитное поле сверхвысокой частоты, индукционный генератор, фуражное зерно, барабанный дозатор.*

Keywords: *electromagnetic field of ultrahigh frequency, induction generator, fodder grain, drum batcher.*

Актуальность исследуемой проблемы. Подготовка кормов к скармливанию является одним из важных способов повышения их поедаемости, переваримости, усвоения и использования питательных веществ в организме животных. Для увеличения усвояемости и повышения пищевой ценности зерна и зернопродуктов применяют различные способы обработки: механическое измельчение, плющение, термическую обработку, экструдирование, ИК-обработку [1].

Установлено, что ИК-нагрев обеспечивает интенсивный нагрев продукта в течение 30…45 секунд до температуры 100 °С. При этом влага переходит в парообразное состояние и зерно варится за счет собственной влаги, которая, закипая, превращается в пар и образует пористую структуру. В связи с этим происходят разрушение токсических веществ, денатурация белковых соединений, разрушение структуры сырого крахмала, что способствует преобразованию продукта в более усваиваемую форму. Способ ИК-нагрева достаточно энергоемок и малопроизводителен. Производительность установки в зависимости от модели оборудования – 150…500 кг/ч. Производительность линии микронизации фуражного зерна, удовлетворяющая спросу потребителей, должна быть до 2,5 т/ч.

Есть две экспериментальные разработки с использованием СВЧ-энергоподвода: одна – у Таганрогского НИИ связи (Микронизатор-1), другая – у Фрязинского предприятия (Микронизатор-2), но обе достаточно энергоемкие – 170…200 Вт·ч/кг (патенты 2168911, 2333036).

В этом случае в качестве более производительных и менее энергоемких предпочтительнее были бы комбинированный метод СВЧ и индукционный нагрев, поэтому разработка установки с использованием комплексного метода воздействий электромагнитных излучений разных длин волн на фуражное зерно актуальна.

Материал и методика исследований. Апробирование процесса микронизации зерна осуществляли с помощью созданного образца опытной установки. Исследования технологического процесса микронизации зерна проводили по нижеприведенному плану.

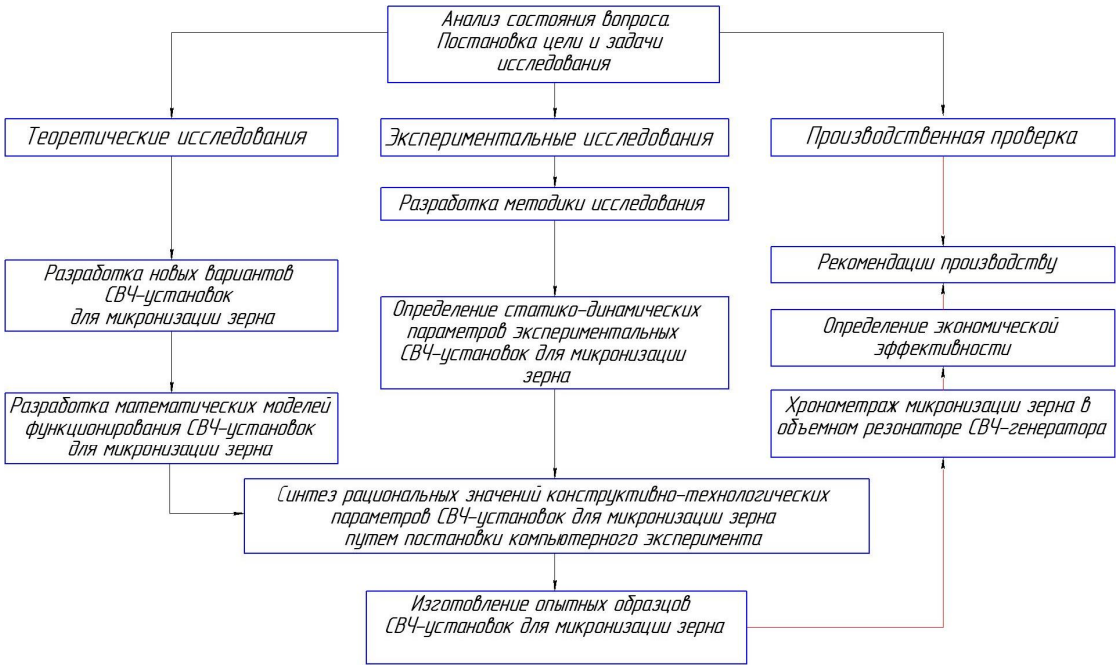


Рис. 1. ***Общий план исследований***

По общему плану проводимые теоретические и экспериментальные исследования позволяют синтезировать рациональные значения параметров СВЧ-установок, изготовить опытные образцы, испытанные в производственных условиях.

Результаты исследований и их обсуждение. Целью настоящей работы является обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы СВЧ-индукционного микронизатора зерна и зернопродуктов.

Научные задачи:

1. Разработать принцип микронизации зерна и зернопродуктов с воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты и индукционного нагрева.

2. Обосновать конструктивные параметры и режимы работы поточного СВЧ-индукционного микронизатора зерна и зернопродуктов.

3. Разработать, создать и апробировать в производственных условиях установку для микронизации зерна и зернопродуктов.

4. Оценить технико-экономическую эффективность применения установки в фермерских хозяйствах.

Принцип действия микронизатора зерна основан на комплексном воздействии энергии электромагнитных излучений метрового и сантиметрового диапазонов. Воздействие потоков электромагнитных излучений разных длин волн, направленных под определенным углом, позволяет интенсифицировать процесс микронизации, улучшить энергетическую ценность фуражного зерна, а также его санитарное состояние для кормления молодняка животных. Одновременное воздействие эндогенного, кондуктивного и индукционного нагрева обеспечивает специфическое воздействие на фуражное зерно. В «капсуле» зерна осуществляется переход воды из жидкого состояния в парообразное. Образовывающееся в «капсуле» зерна избыточное давление приводит к его «взрыву», т. е. к микронизации зерна. При высокой температуре (порядка 85…100 ^{o}C) и из-за высокого давления внутри зерна происходит механическое разрушение. Структура зерна становится более пористой, рыхлой. Наряду с этим осуществляется и полное уничтожение как внешней, так и внутренней микрофлоры.

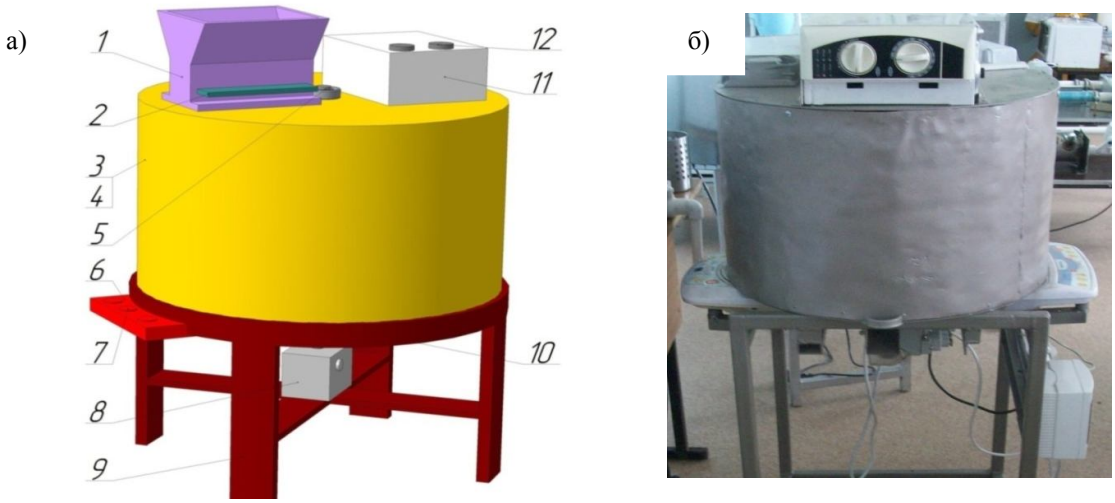


Рис. 2. ***СВЧ-индукционная установка для микронизации фуражного зерна:***
а) пространственное изображение: 1 – патрубок, 2 – заслонка, 3 – корпус, 4 – барабан, 5 – вал, 6 – индукционные плиты, 7 – регулятор мощности, 8 – мотор-редуктор, 9 – стол, 10 – желоб, 11 – СВЧ-генератор, 12 – регулятор мощности; б) реальное исполнение

СВЧ-индукционная установка барабанного типа для микронизации зерна (рис. 1) включает в себя загрузочный патрубок 1 с заслонкой 2, установленный на верхнем основании цилиндрического корпуса 3. Внутри корпуса 3 концентрически расположен секционный барабан 4, причем вал 5 барабана 4 закреплен на подшипниках. Секции барабана 4 выполнены из неферромагнитного материала и образуют резонаторные камеры в виде треугольной призмы. Причем верхним и нижним основанием резонаторных камер являются основания цилиндрического корпуса 3. Под нижним основанием цилиндрического корпуса 3 установлены плиты индукционные 6, имеющие регуляторы мощности 7. Секционный барабан приводится в движение от мотора-редуктора 8. Цилиндрический корпус 3 и мотор-редуктор 8 установлены на монтажном столе 9. На нижнем основании цилиндрического корпуса 3 имеется отверстие для заслонки выгруз-

ного патрубка 10. На верхнем основании корпуса 3 установлены СВЧ-генераторы 11, имеющие регуляторы мощности 12. Их количество и мощность влияют на производительность установки [2].

Толщину слоя фуражного зерна в отсеках барабана регулируют с помощью заслонки 2, находящейся в загрузочном патрубке. Микронизированное зерно выгружается через выгрузной патрубок 10 с помощью заслонки. Корпус 3 выполняет функцию экрана, а заслонки 2, 10 препятствуют отрицательному воздействию электрического поля СВЧ на обслуживающий персонал. Секционный барабан 4 приводится в движение за счет мотора-редуктора 8. СВЧ-генераторы установлены на верхнем основании цилиндрического корпуса 3. Количество СВЧ-генераторов и индукционных плит зависит от необходимой производительности установки. Емкость резонаторной камеры оптимизирована в соответствии с частотой электромагнитных излучений и необходимой напряженностью электрического поля. Высокая напряженность электрического поля позволяет обеззараживать фуражное зерно, т. е. уничтожить бактериальную микрофлору вегетативной формы. Размеры зазоров для загрузки и выгрузки зерна согласованы с кратностью четверть длины волны с целью ограничения электромагнитного излучения. Доза воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты на зерно и индукционного нагрева регулируется мощностью соответствующего источника и продолжительностью процесса.

Резюме. Новая технология микронизации зерна основана на эффекте декстринизации зерен крахмала (расщепления полисахаридов крахмала и перехода их в усвояемые питательные вещества). Ожидаются увеличение степени декстринизации и энергосодержания корма, улучшение зоотехнических показателей откорма молодняка сельскохозяйственных животных. Микронизация, как и другие способы влаготепловой обработки, наиболее эффективно действует на зерна бобовых культур. Микронизация уничтожает вредную микрофлору зерна и уменьшает общее количество микроорганизмов в 5…6 раз. При облучении более 45 секунд в зерне уничтожаются многие бактерии, более 60 секунд – плесневые грибы. Наилучший эффект микронизации зерна достигается при облучении в течение 50…60 секунд. Кроме значительного повышения усвояемости, процесс микронизации придает зерновой смеси приятный привкус, а также уничтожает многие виды болезнетворных бактерий, споры плесени и различных грибков. Установлено, что использование микронизированного зерна для подкормки животных способствует ускорению их роста и повышению живой массы на 16 % за счет лучшей переваримости и усвоения питательных веществ кормов рациона. Процесс микронизации зерна создает условия для получения продукта, экологически чистого, быстрого приготовления, с высокой пищевой ценностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зверев, С. В.* ИК-излучение при переработке фуражного зерна / С. В. Зверев, Е. П. Тюрев // Комбикормовая промышленность. – 1994. – № 6. – С. 9–11.

2. *Патент* № 2489068 РФ A23N17/00. СВЧ-индукционная установка барабанного типа для микронизации зерна / М. В. Белова, Н. К. Кириллов, Г. В. Новикова, О. В. Михайлова, А. А. Белов. – № 2012100432; заявл. 16.01.12, Бюл. № 22. – 14 с.

УДК 637.02я73

УСТАНОВКА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ КРОВИ УБОЙНЫХ ЖИВОТНЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

HEAT TREATMENT INSTALLATION FOR BLOOD OF BUTCHER'S BEASTS WHEN USING ELECTROMAGNETIC RADIATIONS

М. В. Белова, Н. Т. Уездный

M. V. Belova, N. T. Uezdny

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье представлено описание разработанной установки для варки крови убойных животных с применением энергии электромагнитных излучений разных длин волн.

Abstract. The article describes the developed installation for cooking blood of butcher's beasts when using the energy of electromagnetic radiations of waves of different length.

Ключевые слова: *сверхвысокочастотная установка, кровь убойных животных, инфракрасный нагрев.*

Keywords: *superhigh-frequency installation, blood of butcher's beasts, infrared heating.*

Актуальность исследуемой проблемы. Физические свойства, химический состав и биологическая ценность крови убойных животных определяют различные направления их использования. Наличие в крови высокоценных белков указывает на целесообразность преимущественного применения ее для производства кормовых добавок [4]. В связи с этим поиск энергосберегающих технологий, обеспечивающих качественную переработку крови убойных животных и использование ее в виде белкового корма для животных, актуален.

Материал и методика исследований. В теоретических исследованиях применены основы теории электромагнитного поля, теории процесса диэлектрического нагрева. Экспериментальные исследования в лабораторных и производственных условиях проводились в соответствии с частными методиками. Основные расчеты и обработка результатов экспериментальных исследований выполнялись с применением методов математической статистики и регрессионного анализа при использовании теории активного планирования многофакторного эксперимента. Параметры установки измеряли с помощью современных цифровых приборов, а структуру сырья и качество готового продукта оценивали через органолептические, физико-химические показатели по методикам, рекомендованным соответствующими стандартами.

Результаты исследований и их обсуждение. Задачей проектирования установки является расчет и конструирование сверхвысокочастотной и инфракрасной нагревательной камеры для термической обработки крови убойных животных. Расчет заключается в установлении связей основных параметров, определяющих технологический процесс.

Энергоподвод к сырью (крови) в электромагнитном поле способствует значительной интенсификации процесса коагуляции, повышению качества продукта и создает благоприятные условия для автоматизации производства вареной крови. Наиболее перспективен для нагревательных установок энергоподвод в электромагнитном поле инфракрасного (ИК) и сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазонов [1].

В процессе ИК-излучений процесс нагрева интенсифицируется благодаря значительной плотности теплового потока на поверхности продукта (на порядок больше, чем при конвективном нагреве), рассеянию в сырье потока, поглощенного поверхностным слоем, и частичному проникновению энергии внутрь продукта. Для крови, содержащей влагу различных форм связи, большое значение имеет соотношение частоты колебаний электромагнитного поля и частоты колебаний молекул воды. При достижении резонанса указанных частот возможен переход влаги в менее прочную форму связи, что дает определенный энергетический эффект [2]. Так, порядок частоты колебаний молекул воды составляет примерно 10^{12} Гц, что близко к частоте ИК-излучения, и энергия потока квантов может быть достаточна для преодоления энергии связи адсорбционной влаги [2].

При СВЧ-воздействии преобразование энергии электромагнитного поля в теплоту происходит полностью в объеме материала, что обуславливает еще большую интенсификацию процесса. Значительные перспективы имеет применение комбинированных методов энергоподвода, таких как СВЧ- и ИК-излучения.

Технологический результат заключается в интенсификации процесса термообработки крови убойных животных в непрерывном режиме и в повышении качества готового продукта.

Установка для термообработки крови убойных животных (рис. 1, 2) содержит на монтажном столе с блоком управления 10 цилиндрический экранирующий корпус 1, внутри которого расположен ротор 2 в виде колеса. По всему периметру ротора посредством шарнирных петель 3 вертикально вмонтированы нижние части цилиндрических резонаторных камер 4 с силиконовым покрытием изнутри 13. Верхние части резонаторных камер 5 жестко закреплены под СВЧ-генераторами 6 так, что излучатели направлены внутрь камеры, а СВЧ-генераторы 6 и ИК-лампы 7 расположены с чередованием по периметру на верхнем основании экранирующего корпуса 1, где установлены дозатор 11, мотор-редуктор 8 для привода ротора 2 и имеется дверца 12. На боковой поверхности, в области расположения упорного элемента 15, вмонтирован выгрузной лоток 14.

Процесс термообработки крови убойных животных происходит следующим образом. Включают привод ротора 2 с помощью мотор-редуктора 8 и привод дозатора 11. Кровь (сырье) подают в горловину дозатора 11, откуда с помощью вращающегося затвора обеспечивается равномерная подача крови в резонаторные камеры (в нижние части 4) по мере их передвижения за счет вращения ротора 2 с помощью мотор-редуктора 8. По мере оказания резонаторных камер 4 с сырьем под соответствующими источниками 6 и 7 эти источники необходимо включать последовательно. При стыковке движущейся части резонаторной камеры 4 с неподвижным верхним ее основанием 5 от источника СВЧ-энергии 6 (магнетрона LG 2M214 или LG 2M226 мощностью 800…900 Вт) поток электромагнитных излучений будет направлен внутрь цилиндрической резонаторной камеры. Кровь подвергается воздействию электромагнитного поля сверхвысокой частоты и эндогенно нагревается за счет токов поляризации. Далее за пределами СВЧ-генератора 6 сырье в цилиндрической части резонаторной камеры при транспортировании подвергается экзогенному нагреву за счет параллельно соединенных двух ИК-ламп 7 (BLY-195-405

мощностью 500 Вт, напряжением 120 В). При чередовании диэлектрического и инфракрасного нагревов происходит приращение температуры сырья до 95..100 °С. Затем при прикосновении к специальному упорному элементу 15 каждая резонаторная камера (нижняя часть 4) опрокидывается, продукт сползает в выгрузной лоток 14 за счет силиконового покрытия 13, имеющегося в каждой резонаторной камере. С помощью шарнирных петель 3 и специальных направляющих резонаторные камеры возвращаются в вертикальное положение, а далее в них дозируется новая порция сырой крови.

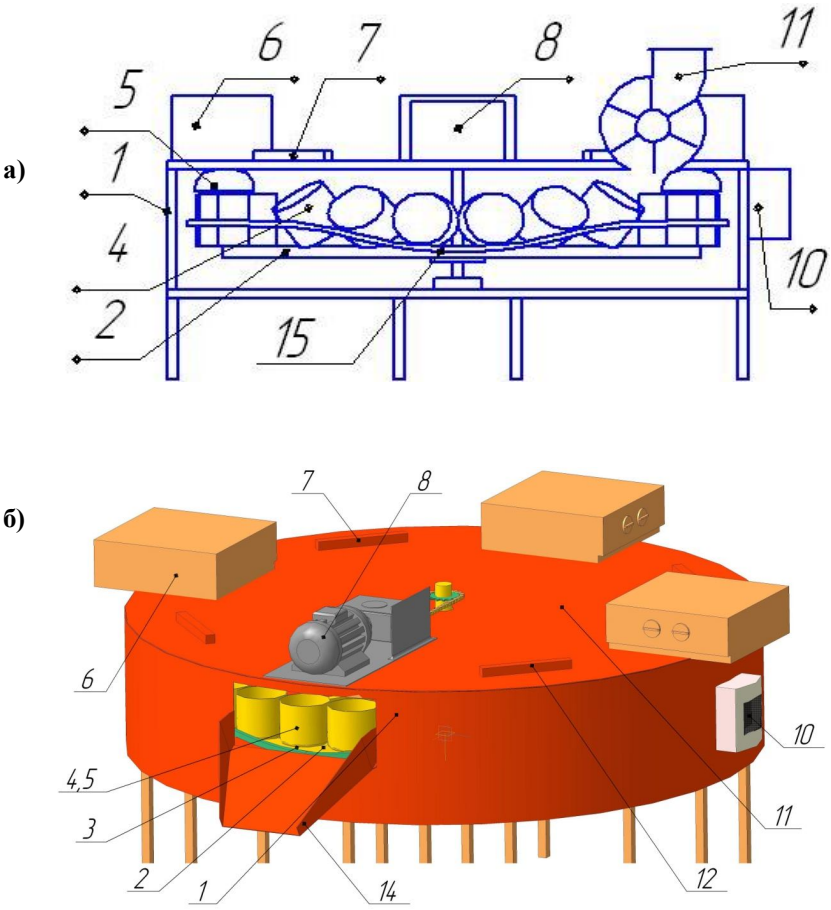


Рис. 1. ***Установка для термообработки крови убойных животных:***
а) вид сбоку, при открытой боковой поверхности экранирующего корпуса);
б) пространственное изображение (без дозатора); 1 – цилиндрический экранирующий корпус, 2 – ротор, 3 – шарнирная петля, 4, 5 – цилиндрическая резонаторная камера (4 – нижняя часть, 5 – верхняя часть), 6 – СВЧ-генератор с излучателем, 7 – лампы ИК-нагрева, 8 – мотор-редуктор с цепной передачей, 9 – натяжной ободок (не показан), 10 – блок пускозащитной аппаратуры (блок управления), 11 – дозатор, 12 – дверца, 13 – силиконовое покрытие (не показано), 14 – выгрузной лоток, 15 – упорный элемент

Вареная кровь, выгруженная через лоток 14, фасуется в специальную потребительскую тару и размещается в холодильную камеру. Срок ее хранения при температуре 0…8 °С составляет не более 2 суток.

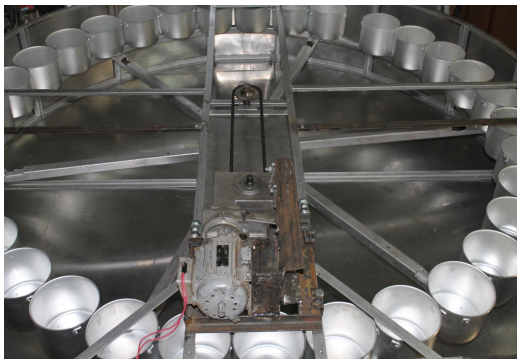


Рис. 2. ***Расположение нижних частей резонаторных камер на роторе установки для термообработки крови убойных животных***

В испытательной лаборатории ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Чувашской Республике – Чувашии» проводили контроль мощности потока излучений установкой для термообработки крови убойных животных, имеется протокол испытаний. Графики изменения мощности потока СВЧ-энергии в зависимости от расстояния до источника, а также зависимость продолжительности работы персонала от мощности потока излучений СВЧ-энергии показывают, что мощность потока СВЧ-энергии на расстоянии (0,2…1,5) м от установки для термообработки крови убойных животных составляет (0,1…0,04) Вт/см^2, что ниже допустимого уровня. Данную установку по безопасной норме СВЧ-излучения можно обслуживать на расстоянии 1…1,2 м в течение 6…8 часов [3].

Резюме. Разработанная установка позволяет провести термообработку крови убойных животных с производительностью 40…60 кг/ч, при этом удельные энергетические затраты составляют 0,16 кВт·ч/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Антипов, С. Т.* Машины и аппараты пищевых производств / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков, В. А. Панфилов, О. А. Ураков. – М. : Высшая школа, 2001. – 703 с.

2. *Гинзбург, А. С.* Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности / А. С. Гинзбург. – М. : Пищепромиздат, 1985. – 336 с.

3. *Пономарев, А. Н.* Зависимость мощности потерь СВЧ-энергии от напряженности электрического поля / А. Н. Пономарев, М. В. Белова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2011. – № 2 (70). Ч. 1. – С. 119–122.

4. *Файвишевский, М. Л.* Переработка крови убойных животных / М. Л. Файвишевский. – М. : Колос, 1993. – 726 с.

УДК 637.02я73

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СВЧ-УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ СУБПРОДУКТОВ

ECONOMIC EFFICIENCY OF APPLICATION OF SUPERHIGH-FREQUENCY HEAT TREATMENT INSTALLATION FOR BY-PRODUCTS

М. В. Белова, Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова

M. V. Belova, N. T. Uezdny, I. G. Ershova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье представлена технико-экономическая оценка применения установки с СВЧ- и ИК-энергоподводами для термообработки крови убойных животных.

Abstract. The article presents the technical and economic assessment of application of the superhigh-frequency and infrared heat treatment installation for blood of butcher's beasts.

Ключевые слова: *сверхвысокочастотная установка, субпродукты, экономическая эффективность, базовый и проектные варианты, кровь убойных животных.*

Keywords: *superhigh-frequency installation, by-products, economic efficiency, basic and design options, blood of butcher's beasts.*

Актуальность исследуемой проблемы. Определение экономической эффективности нового оборудования индивидуального исполнения позволяет оценить степень повышения производительности труда и снижения стоимости единицы производимой продукции, а также выявить наилучшие пути организации производства. Капитальные вложения, направленные на развитие сельского хозяйства, эффективны лишь в том случае, если их использование обеспечивает внедрение в производство интенсивных факторов – ресурсосберегающих технологий. Однако не всегда разрабатываемые проекты способствуют достижению максимально возможного роста эффективности основного производства в отрасли. В связи с этим определяют эффективность капиталовложений.

В данной работе расчет технико-экономических показателей проведен для выявления целесообразности изготовления СВЧ-установки для термообработки крови убойных животных и определения выгоды от внедрения ее в производство.

Материал и методика исследований. Экономическую эффективность технических средств определяли по методике [1], [4]. При выборе базовой установки учитывали техническую взаимозаменяемость, близость значений годовой производительности установок при одинаковом режиме эксплуатации и одинаковом качестве продукции, прогрессивность сравниваемых конструкций с точки зрения их технико-экономических показателей, равноценные санитарно-гигиенические условия обслуживающего персонала [1].

Результаты исследований и их обсуждение. Кровь убойных животных – ценное сырье для производства продукции кормового назначения. По статистическим данным средний объем крови животных в мясокомбинатах России составляет 400 тыс. тонн в год (табл. 1). Из них 150 тыс. тонн, т. е. 37,5 %, используют для производства кормовых белковых добавок. В Чувашской Республике следует перерабатывать кровь убойных животных в объеме 780 тонн в год, из них для производства белковых добавок – 292,5 тонн. Это значит, что в каждом мясокомбинате средней мощности необходимо перерабатывать кровь убойных животных в кормовую добавку в объеме 58,5 тонн в год.

Таблица 1

Объем обрабатываемого сырья (06.2011–06.2012 гг.)

Наименование	Российская Федерация	Чувашская Республика
Объем свиней на убой в живом весе, т/год	5717280	12000
Объем свиной крови (3,5 %), т/год	200000	420
Объем свиной крови (3,5 %), т/сутки (200 рабочих дней)	1000	2,1
Объем крупного рогатого скота на убой в живом весе, т/год	4377600	8000
Объем крови крупного рогатого скота (4,5 %), т/год	200000	360
Объем крови крупного рогатого скота (4,5 %), т/сутки	1000	1,8
Итого: общий объем крови, т/год	**400000**	**780**

В настоящее время варку крови до состояния готовности осуществляют паром или смесью пара и воздуха при температуре 100 °С. Для термообработки крови применяют коагуляторы различных конструкций. Они имеют следующие недостатки: а) при коагуляции крови паром процесс нагревания протекает неравномерно и длительно, а на поверхности нагрева образуется слой коагулированных белков, который ухудшает теплопередачу, поэтому значительное количество микробов, содержащихся в крови, не гибнет; б) в процессе коагуляции влажность крови за счет пара увеличивается с 80 до 86 %; в) через каждые 3…4 ч работы коагулятора его необходимо очищать от слоя крови, прилипающей к виткам шнека [3].

Рис. 1. ***Шнековый коагулятор крови***

За базовый вариант принимаем шнековый коагулятор крови (рис. 1). Работа коагулятора основана на реакции крови, которая под влиянием насыщенного пара, поступающего в кровь, вызывает свертывание кровяных частиц. Коагулированная, таким образом, кровь с помощью шнекового вала перемешивается и транспортируется в верхнюю часть коагулятора, где с помощью лопаток подается к выходной горловине и выводится для дальнейшей переработки. Кровь поступает в горловину и далее через питатель во внутреннюю полость аппарата, куда одновременно через вентиль и перфорированную трубу подается пар давлением 0,2 МПа. Кровь нагревается до температуры 95 °С и шнеком перемещается к люку выгрузки. При этом сгустки крови перемешиваются и измельчаются. Шнек вращается с частотой 0,3 рад/с и перемещает массу вдоль аппарата за 90 с. Производительность аппарата – 40 кг/ч, мощность электропривода шнека – 8 кВт [3].

Проектный вариант. Энергоподвод к крови убойных животных в электромагнитном поле способствует значительной интенсификации процесса варки, повышению качества вареной крови и создает хорошие возможности для механизации технологического процесса. Для термообработки крови убойных животных наиболее перспективным является энергоподвод в электромагнитном поле сверхвысокочастотного и инфракрасного диапазонов. При СВЧ-энергоподводе преобразование энергии электромагнитного поля в теплоту происходит в объеме сырья, а при воздействии ИК-излучений процесс нагрева интенсифицируется за счет плотности теплового потока на поверхности сырья. Нами разрабатывается установка для термообработки крови убойных животных с использованием энергии электромагнитных излучений ИК- и СВЧ-диапазонов (рис. 2).

Рис. 2. ***Установка для термообработки крови убойных животных***

Предложена конструкция механизированной установки для термообработки крови убойных животных с использованием СВЧ- и ИК-энергоподводов, где транспортирование дозированного сырья осуществляется в термостойких диэлектрических контейнерах, расположенных под углом в цилиндрических передвижных объемных резонаторах СВЧ-генератора [2]. Установка содержит экранирующий корпус в виде цилиндра, генераторный блок с магнетроном, резонаторные камеры, ИК-лампы, ротор, систему контроля и автоматического управления технологическим процессом, дозатор сырья. Техническая характеристика установки приведена в табл. 2

Таблица 2

Техническая характеристика установки для термообработки крови убойных животных

Наименование	**Показатели**
Производительность, кг/ч	40
Продолжительность одного оборота конвейера, мин	4,8
Мощность дозатора сырья, кВт	0,06
Мощность привода конвейера, кВт	0,18
Потребляемая мощность СВЧ-генератора, кВт	3,6
Мощность источников ИК-излучений, кВт	2,4
Потребляемая мощность СВЧ-установки, кВт	6,24
Удельные энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,156
Частота вращения привода конвейера, об/мин	0,21
Окружная скорость передвижения контейнеров, м/с	0,023
Габариты, м (диаметр; высота)	2,5; 0,9

Результаты расчетов технико-экономических показателей применения СВЧ-установки для термообработки крови убойных животных приведены в табл. 3.

Таблица 3

Экономические показатели применения СВЧ-установки для термообработки крови убойных животных

Показатели	Базовая	Проектная
Балансовая стоимость, руб.	**117000**	**71000**
Производительность установки, кг/ч	40	60
Потребляемая электроэнергия, кВт·ч/кг	0,2	0,117
Эксплуатационные расходы на термообработку крови, руб./ месяц	30030,5	26650,78
Себестоимость расходов на термообработку крови, руб./кг	4,29	2,54
Цена сырья, руб./кг	20	20
Себестоимость вареной крови, руб./кг	***24,29***	***22,54***
Цена реализации вареной крови руб./кг	40	40
Прибыль, руб./кг	15,71	17,46
Объем выработанной продукции, тонн/ месяц	7	10,5
Капитальные затраты, руб./(кг/месяц)	16,71	6,76
Экономический эффект, руб./год	471240	
Рентабельность, %	64,68	77,46
Срок окупаемости, месяц		2

Исследовали микробиологические показатели вареной крови 4-х образцов: первый образец – контрольный вариант, второй – термообработка крови до 40 ^{o}C, третий – до 60 ^{o}C, четвертый – до 75 ^{o}C. Исследование микробиологических параметров крови с исходной бактериальной обсемененностью 4,4 10^{6} КОЕ/см^{3} (колонообразующая единица) показало, что при термообработке до 75 ^{o}C в установке с СВЧ- и ИК-энергоподводами происходит снижение общего микробного числа в продукте до 10 000 КОЕ/см^{3}.

Резюме. Годовой экономический эффект от применения СВЧ-установки для термообработки крови убойных животных с производительностью 60 кг/ч составляет 471240 руб. Экономический эффект определяется за счет снижения эксплуатационных затрат на 3379,7 руб./месяц. В результате рентабельность повысится на 13 %, срок окупаемости составит 2 месяца.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Альтгаузен, А. П.* Электротермическое оборудование : справочник / А. П. Альтгаузен, М. Я. Смелянский, М. С. Шевцов. – М. : Энергия, 1967. – С. 68–81.

2. *Белова, М. В.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Д. В. Поручиков, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.

3. *Бредихин, С. А.* Технологическое оборудование мясокомбинатов / С. А. Бредихин. – М. : Колос, 1995. – 390 с.

4. *Уездный, Н. Т.* Экономическая эффективность применения СВЧ-установки для выпечки хлебобулочных изделий / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова, О. В. Науменко, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 167–170.

УДК 631.3

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИДРОФИЗИЧЕСКИХ И ЭРОЗИОННЫХ СВОЙСТВ ПОЧВ НА ТЕРРИТОРИИ СХПК «ТРУД» БАТЫРЕВСКОГО РАЙОНА ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ*

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCH OF HYDRO-PHYSICAL AND EROSION PROPERTIES OF SOILS ON THE TERRITORY OF AGRICULTURAL SOCIETY «TRUD» OF BATYREVSKY DISTRICT IN THE CHUVASH REPUBLIC

С. А. Васильев[1], И. И. Максимов[1], Е. П. Алексеев[1], И. В. Сякаев[1], А. А. Васильев[2], А. А. Петров[1], В. В. Алексеев[3]

S. A. Vasilyev[1], I. I. Maksimov[1], E. P. Alekseev[1], I. V. Syakaev[1], A. A. Vasilyev[2], A. A. Petrov[1], V. V. Alekseev[3]

[1]ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

[2]ГБОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт», Нижегородская область, г. Княгинино

[3]Чебоксарский кооперативный институт (филиал) АНО ВПО ЦС РФ «Российский университет кооперации», г. Чебоксары

Аннотация. Экспериментальные исследования по определению гидрофизических и эрозионных параметров почв проводились в СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской Республики на территории площадью более 400 га. Разработаны методики и технические средства для определения гидрофизических и эрозионных показателей почвы: потенциала эрозионной стойкости, коэффициента гидравлической шероховатости, пористости и коэффициента фильтрации. Представлены результаты полевых экспериментов, проведенных на участке поля с посевом озимой культуры.

Abstract. The experimental studies on determining hydro-physical and erosion parameters of soils in the area of over 400 hectares were held in the agricultural society «Trud» of Batyrevsky district in the Chuvash Republic. The methods and technical means for determining hydro-physical and erosion parameters of soil (potential of erosion resistance, coefficient of hydraulic roughness, porosity and permeability coefficient) have been developed. The article presents the results of field experiments conducted in the field where the winter crops have been sown.

Ключевые слова: *потенциал эрозионной стойкости, стокоформирующая поверхность, коэффициент гидравлической шероховатости, пористость, коэффициент фильтрации, технические средства оценки.*

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 13-05-97048-р_поволжье_а.

Keywords: *potential of erosion resistance, runoff forming surface, coefficient of hydraulic roughness, porosity, permeability coefficient, technical assessment tools.*

Актуальность исследуемой проблемы. В Российской Федерации под воздействием водной эрозии находится более 45,0 % пахотных земель, в Чувашской Республике – 81,3 %. Водная эрозия вызывает сокращение площадей, удобных для сельскохозяйственного использования, снижение их плодородия, ухудшение экологической обстановки и структуры почв, что в целом приводит к снижению продуктивности сельского хозяйства. С каждым годом действия эрозионных процессов на территории России приводят к увеличению на 400…500 тыс. га эродированных земель, более 10 тыс. га пашни ежегодно разрушаются оврагами. Общая площадь оврагов составляет более 2,5 млн га. Максимальная скорость развития оврагов на территории Чувашии, Татарстана, Саратовской и Пермской областей и Алтайского края достигает 15,0–25,0 м/год и более, тогда как средняя многолетняя скорость образования оврагов на землях сельскохозяйственного назначения центра России составляет 1,0–1,5 м/год [6].

В настоящее время известно множество способов и приемов, позволяющих существенно уменьшить потери от эрозионных процессов путем организационно-хозяйственного планирования эрозионно-опасных земель, применения агротехнических технологий, лесо- и гидромелиоративных способов защиты. Однако далеко не всегда мероприятия на конкретных стокоформирующих поверхностях достигают своей цели, поскольку разработчики этих мероприятий имеют дело с почвой – средой, характеристики которой весьма неопределенны и изменчивы в пространстве и во времени. Следовательно, расчеты, проводимые при проектировании и планировании противоэрозионных технологий, являются в той же мере неопределенными. Успех в этом деле основывается на опытах прошлых лет, а не на расчетных показаниях, что приводит к высоким экономическим затратам.

Отсюда решение задач при проектировании противоэрозионных технологий и технических средств заключается в отыскании объективных параметров, которые удовлетворяли бы требованиям практики, и в разработке приемлемых способов их определения.

Материал и методика исследований. Экспериментальные исследования по определению гидрофизических и эрозионных характеристик почвы – потенциала эрозионной стойкости (ПЭС), коэффициента гидравлической шероховатости, пористости и коэффициента фильтрации – в полевых условиях проводились на территории площадью более 400 га с разными агрофонами в СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской Республики. Схема расположения экспериментальных точек на поле с посевами озимой культуры приведена на рис. 1. С помощью программы «Google Планета Земля» на схеме отражен исследуемый участок 40х40 м с координатами его месторасположения.

Определение ПЭС заключается в некотором отличии физико-механических и гидрофизических свойств почв в местах естественного залегания от параметров, определяемых на монолитах и насыпных (просеянных через сито) образцах в лабораторных условиях.

Для определения ПЭС при полевых исследованиях используется устройство, общий вид которого представлен на рис. 2а. Устройство работает следующим образом [6]. До проведения опытов предварительно с помощью ручного воздушного насоса в пневмоаккумулятор закачивается воздух с избыточным давлением, а резервуар заполняется водой. После чего форсунка, смонтированная на подставке, фиксируется на исследуемом

участке почвы в вертикальном положении. С помощью трехходового крана в баллоне устанавливается необходимое давление $p_в$. После чего при нажатии клапана через гибкие соединительные трубопроводы и форсунку на исследуемый участок почвы впрыскивается струя воды. При этом в баллоне с помощью регулировочного крана поддерживается постоянное, предварительно заданное давление $p_в$. Через заданный промежуток времени t при помощи клапана прекращается подача воды в форсунку.

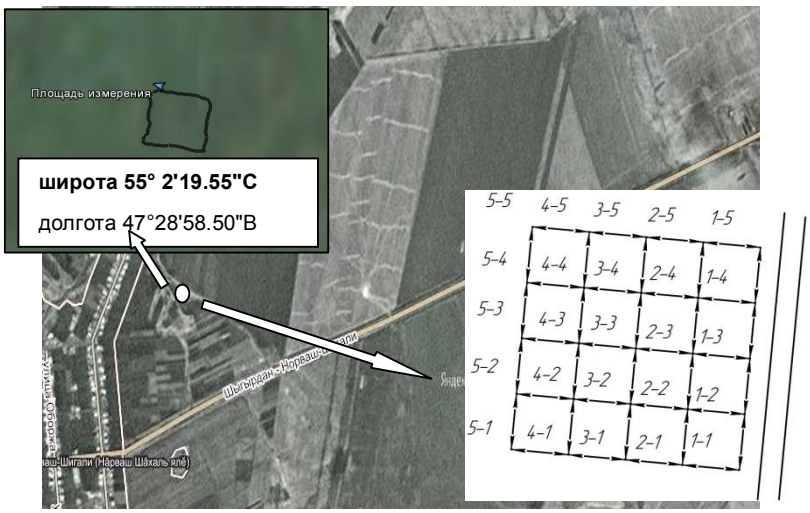


Рис. 1. ***Схема расположения экспериментальных точек на поле с посевами озимой культуры***

В образовавшуюся выемку после инфильтрации влаги из бюретки со шкалой деления засыпается предварительно откалиброванный сыпучий материал (для полевых опытов применяли высушенный и просеянный через сито с круглыми отверстиями 0,5 мм песок древнеаллювиальных отложений), по объему которого определяется объем выемки. Также необходимо определить массу почвогрунта в единице объема, для чего отбирают пробы естественного сложения. Найденные значения параметров подставляют в формулу

$$\psi_n = \frac{\pi d^2 t \mu^3 \sqrt{2P_в^3}}{\rho_в \left(4V_n \rho_n \rho_в^{-0,5} k_{сум} + \pi d^2 t \mu \sqrt{2P_в}\right)}, \quad (1)$$

где $p_в$ – давление воды, вытекающей из емкости за время t; d – диаметр отверстия форсунки; $\rho_в$, ρ_n – объемная масса воды и масса почвы; V_n – объем разрушенной почвы, или объем каверны; $k_{сум}$ – коэффициент, учитывающий совокупное влияние нисходящего и восходящего потоков, перемешивания, пульсации и аэрации потока жидкости на объем V_n перерабатываемого почвогрунта (по данным, полученным в лабораторных и полевых условиях $k_{сум} = (0,9…1,2)10^3$); μ – постоянная прибора, определяемая путем его тарировки и равная 0,533, и вычисляются численные значения ψ_n.

Для измерения безразмерного показателя – коэффициента гидравлической шероховатости в полевых условиях разработано устройство [5], [7], [8]. На рис. 2б показан общий вид устройства для определения безразмерного показателя в полевых условиях [4].

Предварительно перед началом опытов при помощи компрессора в ресивере создается избыточное давление. Исследуемую поверхность водонасыщают (например, дождеванием) для заполнения подпочвенного пространства. Тонкостенный стакан размещается над поверхностью исследуемого участка путем внедрения штыря в почву и вращается до касания с ней. Затем регулируемым транспортером устанавливается нулевая отметка с тонкостенным стаканом.

а

б

в

г

Рис. 2. ***Технические устройства для измерения в полевых условиях: а) ПЭС; б) коэффициента гидравлической шероховатости; в) коэффициента фильтрации; г) пористости***

После чего заданное низкое давление воздуха подается в трубу через отверстия к тонкостенному стакану. Во время опыта считают число полных оборотов и угол отклонения действительного положения тонкостенного стакана (нулевая отметка) по регулируемому транспортеру в градусах. Высота неровностей определяется по формуле

$$\Delta = s\left(\kappa + \frac{\gamma}{360}\right), \qquad (2)$$

где Δ – высота неровностей стокоформирующей поверхности, м; s – шаг резьбы, м; κ – число полных оборотов тонкостенного стакана; γ – угол, определяемый на регулируемом транспортере по нулевой отметке на тонкостенном стакане.

Далее полученные данные подставляются в выражение

$$\varphi = (n + p)\,\mathrm{Re} + p\,\mathrm{Re}_{KP}, \qquad (3)$$

где φ – безразмерный показатель в полевых условиях; n и p – коэффициенты, зависящие от шероховатости водонасыщенного почвогрунта и от режима движения (для ламинарного движения потока p=0), определяемые по тарировочной зависимости [8]; Re – расчетное значение числа Рейнольдса; Re_{KP} – критическое число Рейнольдса. В зависимости от формы поперечного сечения и других условий для открытых потоков на склонах Re_{KP}= 300…700 [4].

Определение коэффициента фильтрации проводилось методом аэрогидродинамического подобия, прибором, разработанным в лаборатории гидрофизики и эрозии почв при ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия» [1], [2] и представленным на рис. 2в.

Порядок эксперимента следующий. Предварительно подготовленную установку без образца приводят в рабочее состояние открытием крана. Уровень воды в сосуде поддерживают не ниже нижнего среза трубки, благодаря чему расход воды через кран постоянен. Скорость истечения воды определяется разностью уровней ΔH между нижними краями патрубка и крана. Регулировка расхода производится изменением уровня ΔH и тем, насколько открыт кран. Полученная разность значений манометра Δh_1 есть постоянная прибора при этом расходе, определяемая его размерами и конструкцией.

Далее берут образец почвогрунта ненарушенного сложения и устанавливают его в удерживающую камеру, герметизируют и открывают кран до положения, при котором определяли постоянную прибора. Проводят замер расхода воды, когда будет достигнуто постоянство расхода, которое определяется по фиксированной разности значений Δh_2 манометра. Для отбора пробы почвогрунта естественного сложения применяется специальный бур-пробоотборник.

На рис. 2г показан общий вид устройства для определения пористости почвы в полевых условиях [1]. Методика определения пористости почвы заключается в следующем. Образец ненарушенной почвы определенного объема V_0 закладывают в контейнер объемом V_1, имеющим возможность сообщения через краны с вакуумным насосом, вакуумметром или атмосферой. Через второй выход вакуумметр дополнительно посредством крана соединяется со вторым контейнером, имеющим объем V_2. Также второй контейнер имеет возможность соединения с вакуумным насосом или атмосферой. Данные контейнеры герметичны. При этом если в контейнере отсеченный кранами с пробой почвы создать разрежение p_2, а в контейнере и порах пробы установить значение p_1, которое равно давлению атмосферы, и далее соединить контейнеры, то произойдет расширение воздуха из пор в первом и втором контейнерах и установится общее для системы давление p.

Работа выполняется в следующей последовательности. Используя бур-пробоотборник отбираем пробу с почвенным образцом и закладываем в контейнер. Данный контейнер необходимо загерметизировать, создать в нем разрежение и выдержать так в течение пяти минут для того, чтобы частично ликвидировать жидкость, запирающую воздух, которым наполнены тупиковые поры. Перекладываем образец пробы в контейнер, который также необходимо загерметизировать, создаем разрежение в контейнере

и выдерживаем так около двух минут. Затем сообщаем контейнер с образцом со вторым контейнером, фиксируя величину давления p_2 во время соединения и величину давления p^{**}, как только колебания стрелки вакуумметра прекратятся.

Освобождаем контейнер, производим замену пробы на непористую пробу. Выполняем повторно фиксирование колебании значений вакуумметра, в итоге определяем величину давления p^{*} для искомой величины p_2.

Рассчитываем объем пор, после определения влажности – объем занимаемой воды в образце $V_в$, общий объем пор и пористость.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты полевых экспериментальных исследований по определению ПЭС и коэффициента гидравлической шероховатости на опытном поле СХПК «Труд» представлены в табл. 1. Параметры эрозионных характеристик почвы замерялись три раза в одной точке.

Большая трудоемкость операций по определению гидрофизических свойств почвы позволила получить только средние значения результатов обработки данных по пористости и коэффициенту фильтрации 0,457 м3/м3 и 4,89х10^{-5} м/с соответственно при плотности почвы 1,392 г/см3.

Таблица 1

Результаты полевых экспериментальных исследований по определению ПЭС и коэффициента гидравлической шероховатости на опытном поле СХПК «Труд»

№№ точек по рис. 1	Агрофон, поле	Статистическая оценка точности измерений показателей ψ					Статистическая оценка точности измерений показателей φ				
		M, Дж/кг	σ, Дж/кг	*m*, Дж/кг	*p*	υ	*A*	σ	*m*	*p*	υ
1-1	Посевы озимых	1,96	0,43	0,4	0,20	0,21	0,23	0,08	0,06	0,26	0,35
1-2		2,08	1,00	0,78	0,37	0,47	0,22	0,08	0,03	0,14	0,36
1-3		1,36	0,36	0,27	0,19	0,26	0,19	0,09	0,04	0,21	0,47
1-4		2,24	0,46	0,34	0,15	0,20	0,21	0,11	0,08	0,38	0,52
1-5		2,39	0,59	0,46	0,19	0,24	0,21	0,10	0,06	0,29	0,48
2-1		2,35	0,28	0,26	0,11	0,11	0,23	0,08	0,07	0,3	0,35
2-2		1,84	0,41	0,36	0,19	0,22	0,19	0,09	0,06	0,32	0,47
2-3		0,85	0,7	0,56	0,66	0,81	0,22	0,10	0,04	0,18	0,45
2-4		1,16	0,56	0,43	0,37	0,48	0,22	0,07	0,06	0,27	0,32
2-5		1,4	0,54	0,46	0,31	0,37	0,22	0,09	0,06	0,27	0,41
3-1		0,64	0,15	0,12	0,18	0,22	0,22	0,05	0,02	0,09	0,23
3-2		2,63	1,23	1,11	0,42	0,46	0,22	0,11	0,07	0,32	0,5
3-3		2,63	1,07	0,84	0,32	0,40	0,23	0,06	0,03	0,13	0,26
3-4		0,89	0,38	0,33	0,37	0,42	0,21	0,06	0,04	0,19	0,29
3-5		1,14	0,54	0,41	0,36	0,46	0,22	0,05	0,02	0,09	0,23
4-1		2,51	0,81	0,64	0,25	0,32	0,22	0,09	0,06	0,27	0,41
4-2		1,02	0,53	0,47	0,46	0,52	0,23	0,08	0,04	0,17	0,35
4-3		1,84	0,41	0,36	0,19	0,22	0,23	0,05	0,01	0,04	0,22
4-4		1,19	0,46	0,4	0,33	0,38	0,23	0,11	0,04	0,17	0,48
4-5		0,64	0,15	0,12	0,18	0,22	0,23	0,08	0,04	0,17	0,35
5-1		2,11	1,4	1,27	0,59	0,65	0,19	0,09	0,07	0,37	0,47
5-2		2,39	0,59	0,46	0,19	0,24	0,23	0,08	0,04	0,17	0,35
5-3		1,36	0,36	0,27	0,19	0,26	0,23	0,11	0,04	0,17	0,48
5-4		0,85	1,49	0,40	0,47	0,55	0,22	0,09	0,01	0,05	0,41
5-5		2,08	1,00	0,78	0,37	0,47	0,22	0,11	0,07	0,32	0,5

Примечание: M – среднее арифметическое значение ψ; σ – среднее квадратичное отклонение; m – средняя ошибка среднего арифметического; $p = m/M$ – показатель точности; $\upsilon = \sigma/M$ – коэффициент вариации; A – среднее арифметическое значение φ.

С целью улучшения гидрофизических и эрозионных показателей почвы необходимо использовать современные способы посева зерновых культур, например совместить предпосевную обработку почвы с посевом [3], что позволит уменьшить количество проходов агрегата по полю и воздействие на почву рабочих органов сельскохозяйственных машин в целом.

Результаты экспериментальных исследований показали (табл. 1), что величина ПЭС и коэффициент гидравлической шероховатости характеризуются пространственной изменчивостью в зависимости от показателей почвенного покрова в пределах однородного участка, как это видно из статистической обработки данных измерений.

Резюме. На основании разработанных методик и технических средств их реализации определены гидрофизические и эрозионные свойства почвы в полевых условиях на территории более 400 га опытного полигона СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской Республики. Для улучшения гидрофизических и эрозионных показателей почвы рекомендуется использовать современные способы посева зерновых культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев, В. В.* Аэродинамический метод получения основной гидрофизической характеристики почв / В. В. Алексеев, И. И. Максимов // Почвоведение. – 2013. – № 7. – С. 822–828.

2. *Алексеев, В. В.* Разработка метода и средств комплексного контроля за воздействием на почву почвообрабатывающих машин и орудий : автореф. дис. … канд. тех. наук : 05.20.01 / В. В. Алексеев. – Чебоксары, 2002. – 20 с.

3. *Алексеев, Е. П.* Повышение качества подпочвенного разбросного посева / Е. П. Алексеев, С. А. Васильев, В. И. Максимов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 12. – С. 8–9.

4. *Васильев, С. А.* Совершенствование методики проектирования и технических средств оценки противоэрозионных технологий на склоновых землях : автореф. дис. … канд. тех. наук : 05.20.01 / С. А. Васильев. – Чебоксары, 2006. – 19 с.

5. *Васильев, С. А.* Теоретические предпосылки аналитического определения смоченного периметра стокоформирующей поверхности / С. А. Васильев, А. Ю. Пагунов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 47–50.

6. *Максимов, И. И.* Прогноз эрозионных процессов, техника и технология для обработки склоновых земель : автореф. дис. … д-ра тех. наук : 05.20.01 / И. И. Максимов. – Чебоксары, 1996. – 37 с.

7. *Максимов, И. И.* Безразмерный показатель для оценки гидравлических потерь на трение в руслах разной шероховатости / И. И. Максимов, С. А. Васильев, В. И. Максимов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2011. – № 5. – С. 40–42.

8. *Патент* 2345323 Российская Федерация. Способ определения коэффициента гидравлической шероховатости в полевых условиях и устройство для его осуществления / И. И. Максимов, С. А. Васильев, В. И. Максимов, А. А. Васильев ; патентообладатель Чуваш. гос. с.-х. академ. – 2007116595/28 ; заявл. 02.05.07 ; опубл. 02.05.07, Бюл. № 3.

УДК 621.316.5

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НИЗКОВОЛЬТНЫХ КОММУТАЦИОННЫХ ГИБРИДНЫХ АППАРАТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПА ГИБРИДНОЙ КОММУТАЦИИ

PERSPECTIVES FOR DEVELOPMENT OF NEW GENERATION LOW VOLTAGE COMMUTATION HYBRID SWITCHGEARS BASED ON HYBRID COMMUTATION PRINCIPLE

М. А. Ваткина[1], А. А. Григорьев[2]

M. A. Vatkina[1], A. A. Grigoryev[2]

[1]ООО «Научно-производственное предприятие "ЭКРА"», г. Чебоксары

[2]ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Работа выполнена в рамках целевой программы фундаментальных исследований РФФИ на этапе разработки инициативного научно-исследовательского проекта № 14-08-01010.

Аннотация. Исследуются инженерные пути перспективного развития высокоресурсных коммутационных гибридных аппаратов нового поколения, предназначенных для оперативной коммутации электроэнергии в автономных системах электроснабжения. Рассматриваются схемотехнические принципы построения новых гибридных аппаратов, проблемы синтеза оптимального управления коммутационными процессами бездуговой гибридной коммутации электрических цепей постоянного тока, возможность использования микроэлектромеханических систем и микросистемной техники. Обсуждаются преимущества гибридной бездуговой коммутации для обеспечения высокой надежности и повышения ресурса бортовых низковольтных гибридных аппаратов с длительным сроком активного функционирования. Приводятся особенности освоенного промышленностью гибридного аппарата – комбинированного реле РКН11.

Abstract. The article studies the engineering perspectives for the development of new generation commutation hybrid switchgears which can provide prompt commutation of electricity in autonomous power supply systems. It also considers the circuit principles of designing new hybrid switchgears, the commutation of constant current in electric circuit, the chance of employing microelectromechanical systems and microsystem equipment. The article discusses the advantages of hybrid arcless commutation that could contribute to high reliability and the increase in the efficiency of on-board low voltage hybrid switchgears with long lasting active operation. And it gives the peculiarities of hybrid switchgears (combined relay RKN11) which have been implemented in industry.

Ключевые слова: *гибридный аппарат, гибридная коммутация, нормально открытый силовой полупроводниковый ключ, микросистемная технология.*

Keywords: *hybrid switchgear, hybrid commutation, normally openpower semiconductor key, microsystem technology.*

Актуальность исследуемой проблемы. Коммутационные низковольтные электромагнитные аппараты с использованием обычных средств принудительного дугогашения при помощи дугогасительных камер непригодны для применения в космических аппаратах с

длительным сроком активного функционирования ввиду резкого снижения коммутационных возможностей в условиях глубокого вакуума. Поэтому существующие бортовые коммутационные аппараты для защиты от длительного воздействия факторов космоса помещают в герметичные газонаполненные отсеки, благодаря чему искрение контактов уменьшается и продлевается срок службы контактов и самого аппарата в целом. Однако существенно повышается стоимость, увеличиваются габариты и масса бортовой аппаратуры.

Технический уровень отечественных коммутационных аппаратов по ряду показателей уступает уровню зарубежных аналогов, в частности по количеству срабатываний низковольтной коммутационной аппаратуры. Несмотря на такое состояние дел с их разработкой и производством, требования к современной коммутационной аппаратуре продолжают неуклонно возрастать.

Принципиально новые гибридные аппараты (ГА) с компонентами, использующими нетрадиционные принципы бездуговой гибридной коммутации, отвечают требованиям электрооборудования, предназначенного для применения в бортовых системах электроснабжения с длительным сроком функционирования.

Развитие современной техники требует совершенствования электротехнических систем и комплексов, в частности коммутационных контактных и бесконтактных электрических аппаратов, которые являются одним из основных средств автоматизации производства и технологических процессов, предназначенных для коммутации (включения, отключения, переключения) и защиты электрических нагрузок.

Важнейшим элементом коммутационного аппарата, определяющим его надежность и коммутационную износостойкость, является электрический ключ. В зависимости от конструктивного исполнения электрических ключей коммутационные аппараты подразделяются на контактные и бесконтактные. У контактных электромеханических аппаратов электрический ключ реализуется в виде системы контактов, перемещающихся с помощью электромагнитного привода относительно друг друга. При соединении контактов электромеханический ключ (ЭМК) переходит в замкнутое состояние, а при разъединении – в разомкнутое. Бесконтактные (полупроводниковые, электронные или твердотельные) электрические аппараты не имеют подвижных контактов. В них ключевые свойства создаются благодаря применению силовых полупроводниковых приборов (СПП) [28].

Материал и методика исследований. Целью исследований является обоснование перспективности направления по созданию высокоресурсных многофункциональных коммутационных ГА нового поколения, предназначенных для оперативной коммутации и защиты электроэнергии в автономных системах электроснабжения. Особое внимание уделяется решению задачи полного устранения дуги из процесса коммутации, сюда входят схемотехнические способы и конструктивно-технологические подходы. Рассматривается проблема поиска оптимального управления коммутационными процессами гибридной коммутации электрических цепей [7], [8], [9], [10], [11], [12],[13].

В работе исследуются инженерные пути полного или частичного устранения электрической дуги из процесса гибридной коммутации, которая является одним из важнейших факторов обеспечения надежности и повышения ресурса коммутационных ГА нового поколения, предназначенных для оперативной коммутации и защиты электрических цепей постоянного тока. Анализ отечественных и зарубежных разработок в данной области науки показал, что в настоящее время известны четыре основных принципа гибридной коммутации:

1. Принцип параллельного (шунтирующего) построения ГА – ЭМК электромагнитного аппарата подсоединяются параллельно СПП бесконтактного аппарата [15], [28];

2. Принцип параллельно-последовательного построения ГА – одна пара ЭМК электромагнитного аппарата соединяется параллельно с управляемым СПП бесконтактного аппарата, а вторая пара ЭМК соединяется последовательно с СПП бесконтактного аппарата [4], [5], [17], [28];

3. Принцип последовательного построения ГА – ЭМК электромагнитного аппарата соединяются последовательно с полностью управляемым силовым транзисторным ключом (СТК) [16], [18], [21], [22], [25];

4. Принцип каскодного построения гибридного (SiC-Si) СТК – высоковольтный транзистор VJFET (SiC) и низковольтный MOSFET (Si) объединяются каскодно кристаллами отдельных приборов по гибридной технологии [19], [29], [30]. На этом принципе перспективным видится также построение ГА, когда нормально открытый СТК соединяется с низковольтным ЭМК на основе использования микроэлектромеханических систем (МЭМС) в сочетании с микросистемной техникой (МСТ) [14], [18], [26].

Результаты исследований и их обсуждение. Принцип каскодного построения силовых ключей не является принципиально новым, но он перспективен. Поиски «идеального» гибридного ключа на базе каскодной схемы гибридного соединения отдельных кристаллов приборов со статической индукцией (как транзисторной, так и тиристорной индукционной структурой), управляющего через структуру «металл-окисел-полупроводник» (МОП-транзистор), продолжаются всеми ведущими мировыми фирмами. МОП-транзисторы потребляют малую мощность по цепи затвора, что упрощает построение схем управления этими ключами [6], [19], [27].

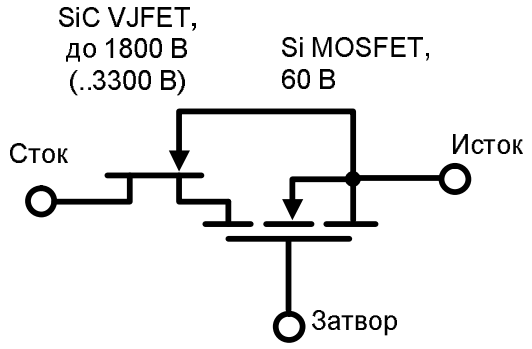


Рис. 1. ***Каскодная схема гибридного ключа SiC-Si на основе высоковольтного транзистора VJFET и низковольтного транзистора MOSFET***

В ближайшие годы в специальных областях использования силовой электроники (автомобильной, аэрокосмической и военной) ожидается применение гибридных СТК на основе полупроводниковых материалов с большой шириной запрещенной зоны, в первую очередь из карбида кремния (4H-SiC) – высоковольтных силовых полевых транзисторов (с изолированным затвором SiC-JFETs и управляемых p-n-переходом низковольтных SiC-MOSFET). Проявляют интерес к созданию каскодных гибридных СТК и ведущие европейские производители. Компания Siemens AG разработала каскодную схему гибридного СТК на основе вертикального высоковольтного VJFET (SiC) и управляющего низковольтного MOSFET (Si) транзисторов, представленную на рис. 1 [30].

Наряду с этим классом составных СПК перспективным видится развитие коммутационных ГА на основе каскодного принципа гибридной коммутации. Появление перспективных нормально открытых силовых полупроводниковых ключей – SIT-транзисторов – дало возможность разработки отечественных коммутационных ГА нового поколения с последовательным включением нормально открытого СТК и ЭМК низковольтного электромагнитного аппарата [16]. На этом принципе ОАО «Всероссийский научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт релестроения» разработал и освоил ГА – комбинированные реле серии РКН11, структурная схема которого приведена на рис. 2 [18], [25], [26].

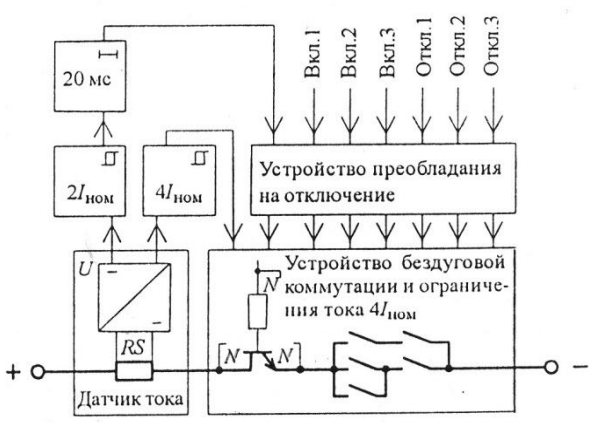


Рис. 2. ***Структурная схема ГА – комбинированного реле серии РКН11***

ГА серии РКН11 предназначен для оперативной коммутации и защиты цепей постоянного тока в негерметичных отсеках автономных систем электроснабжения космических аппаратов с длительным сроком активного функционирования. Основными особенностями ГА являются: бездуговая коммутация, ограничение аварийных токов, управление по трем входам на включение и отключение с резервированным выходом, отсутствие потребления мощности по цепям управления как в отключенном, так и во включенном состояниях [25].

Принцип последовательного построения ГА по запатентованному техническому решению [21] представлен на рис. 3 (а), где приняты следующие обозначения: 1 – транзистор со статической индукцией, 2 – резистор, 3 – прямовключенный диод, 4 – конденсатор, 5 – контакты, 6 – первая выходная клемма, 7 – вторая выходная клемма, 8 – дополнительный резистор. В качестве нормально открытого управляемого СТК использован транзистор со статической индукцией. Технический результат – обеспечение в отключенном состоянии полной гальванической развязки нагрузки от источника питания без введения усложняющих дополнительных контактов в цепь управляющего электрода СТК.

Принцип последовательного построения ГА по техническому решению, защищенному патентом [22], представлен на рис. 3 (б), где приняты следующие обозначения: 1 – контакты, 2 – полевой транзистор с встроенным каналом и изолированным затвором, 3 – резистор, 4 – прямовключенный диод, 5 – первая выходная клемма, 6 – конденсатор, 7 – вторая выходная клемма, 8 – обратновключенный диод.

В качестве нормально открытого управляемого СТК использован полевой транзистор со статической индукцией с встроенным каналом и изолированным затвором. Технический результат – повышение надежности и упрощение за счет улучшения ключевых характеристик ГА путем устранения тока утечки в отключенном состоянии и снижения остаточного напряжения во включенном состоянии на нормально открытом СТК.

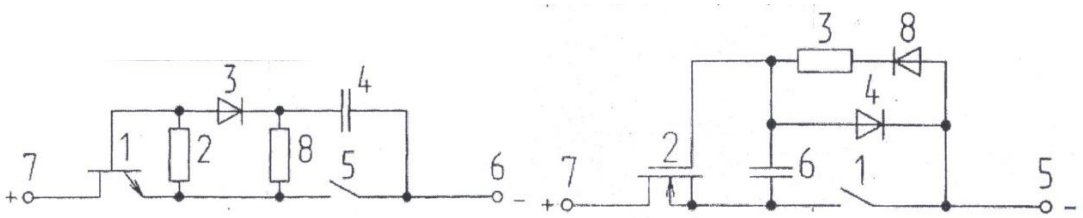


Рис. 3. ***а) электрическая схема ГА для бездуговой коммутации электрической цепи при использовании в качестве нормально открытого управляемого СТК транзистора со статической индукцией; б) электрическая схема ГА для бездуговой коммутации электрической цепи при использовании в качестве нормально открытого управляемого СТК полевого транзистора с встроенным каналом и изолированным затвором***

Минимальные габариты в сочетании с наиболее простой и надежной схемой имеют также ГА, выполненные по третьему параллельно-последовательному принципу гибридной коммутации на управляемых силовых транзисторных ключах [5], [17], [24].

Появление и освоение в последние годы силовых транзисторных интегральных модулей обуславливает целесообразность и перспективность выполнения ГА с использованием транзисторных модулей [17]. В частности, в [24] подчеркивается, что будущее развитие ГА связано с использованием силовых транзисторов, интегрированных с электрическими управляемыми контактами новых поколений, что позволит решить проблему создания ГА с оптимальным законом бездуговой коммутации [7], [9].

В ГА с транзисторными ключами из процесса коммутации практически полностью исключается электрическая дуга и ввиду полной управляемости транзисторов обеспечиваются оптимальные режимы коммутации [7], [9], [28].

Известные технические решения по созданию ГА постоянного тока в зависимости от способа обеспечения бездуговой или практически бездуговой коммутации можно разделить на следующие основные группы:

– ГА с управляемыми полупроводниковыми элементами, осуществляющими бездуговой процесс коммутации [1], [2], [3], [4], [5], [16], [17], [18], [20], [21], [22], [24];

– ГА с неуправляемыми полупроводниковыми элементами, обеспечивающими на время отключения «отсечку» источника питания от нагрузки [15], [28];

– ГА с шунтирующими контакты конденсаторами, обеспечивающими емкостную систему коммутации [15].

Таким образом, при разработке ГА, предназначенных для коммутации цепей низкого напряжения, к которым предъявляются требования минимальных габаритов и высокой надежности, наибольшее практическое применение могут найти коммутационно-защитные ГА с полностью управляемыми СТК, которые объединяют положительные качества как контактных электромагнитных аппаратов, так и бесконтактных аппаратов [24], [28].

ГА с СТК можно выполнять с бездуговой коммутацией ввиду полной управляемости транзисторов [7], [9]. При этом на основе общей теории оптимального управления критериями оптимальности при отключении могут являться минимальные перенапряжения на контактах при заданном времени отключения и минимальное время отключения при заданных допустимых перенапряжениях на отключающих элементах. Достижение указанных параметров процесса отключения возможно только при строго определенных законах изменения как тока, так и напряжения на контактах в течение всего процесса отключения. Поскольку оптимальный (в смысле быстродействия) процесс бездугового разрыва цепи постоянного тока есть частный случай идеального процесса, трактовка понятия оптимального процесса может быть дана с помощью математического аппарата с использованием ЭВМ.

Схемы управления транзисторным ключом ГА в зависимости от способа формирования сигнала управления СТК можно разделить на следующие виды:

– с формированием сигнала бесконтактными датчиками положения якоря [4], [5];

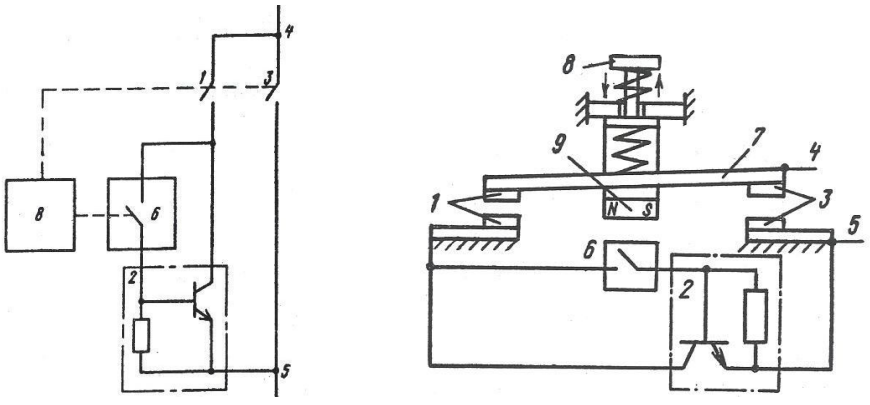
– с формированием сигнала вспомогательным контактом [17];

– с формированием сигнала силовыми мостиковыми контактами [16];

– с формированием сигнала от команд управления реле [1], [3];

– с формированием сигнала током нагрузки [15].

ГА с формированием сигнала бесконтактным датчиком приведен на рис. 4 [5], он содержит две пары ЭМК 1, 3, электромагнитный привод 8 указанных ЭМК, управляемый СТК 2 и датчик 6 замыкания контактов, причем электромагнитный привод 8 механически связан с ЭМК парами 1 и 3 через подвижные элементы. При этом контактная пара ЭМК 1 через силовые выводы СТК 2 подключена параллельно второй паре ЭМК 3, дополнительный элемент 9 выполнен в виде выступа или постоянного магнита, установленного на подвижном элементе первой пары ЭМК 1, причем выходы датчика 6 замыкания контактов подключены к точке соединения первой пары ЭМК 1 с выводом СТК 2. По команде на включение сначала замыкается первая пара ЭМК 1, затем включается СТК 2, после чего замыкается вторая пара ЭМК 3. При этом реализуется заданный алгоритм работы бездуговой гибридной коммутации СТК с главными ЭМК дистанционного переключателя ДП-1-100 [23].

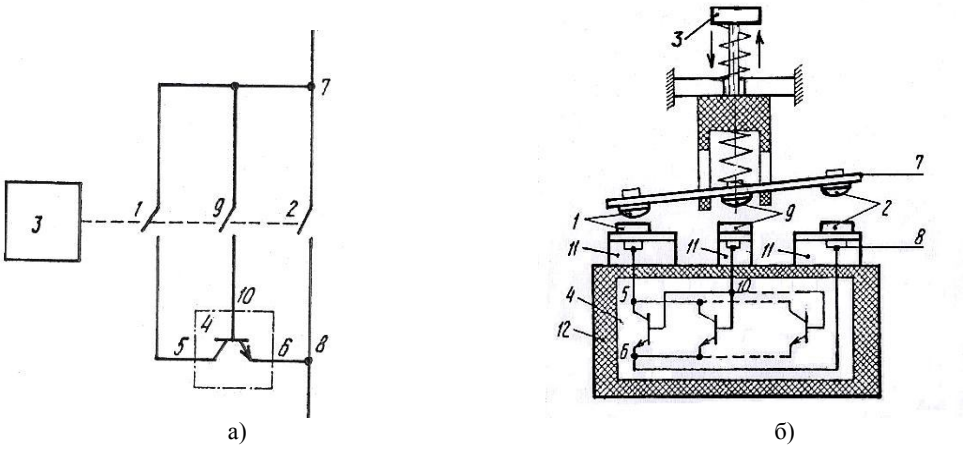


а) **б)**

Рис. 4. ***Схемы управления транзисторным ключом ГА с формированием сигнала бесконтактным датчиком положения якоря:***
а) принципиальная электрическая схема ГА для бездуговой коммутации электрической цепи;
б) конструктивная схема ГА с постоянным магнитом

ГА со схемой формирования сигнала управления вспомогательным контактом, осуществляющим включение управляемого СТК введением третьей пары вспомогательных ЭМК 9, один из которых подключен к управляющему выводу 10 СТК 4, а другой – к общей точке соединения первой и второй контактной пары 1, 2, расположенной относительно первой и второй контактной пары 1, 2, приведен на рис. 5. Достигается определенный заданный алгоритм работы трех контактных пар с СТК 4, при котором последовательно замыкается и размыкается цепь практически без дугообразования на ЭМК, при этом первая (изолирующая) контактная пара первой замыкается и последней размыкается, в то время как вторая (шунтирующая) главная контактная пара последней замыкается и первой размыкается, а третья (управляющая) контактная пара последовательно замыкается и размыкается второй [17].

Реализация оптимального заданного закона бездуговой коммутации требует системного подхода к проблеме создания низковольтных коммутационных ГА. Суть такого подхода состоит в разработке системы гибридной коммутации, учитывающей свойства контактно-бесконтактной цепи, в которой реализованы законы оптимального управления и обеспечивается бездуговая коммутация цепи постоянного тока в целом. Применение методов математического оптимального синтеза управляемых систем гибридной коммутации позволяет комплексно решать задачу создания бездуговых коммутационных ГА, в которых оптимальные коммутационные режимы играют существенную роль. Система алгебраических и дифференциальных уравнений, являющаяся развернутой математической моделью ГА, связывает его массу со свойствами его функциональных узлов. Эта система уравнений является совокупностью электрических, энергетических, конструктивных и тепловых соотношений. В основу синтеза включено условие о том, что номинальные и переходные токи нагрузок не должны разогревать силовые элементы (СТК, ЭМК) ГА до предельных температур. Методика проектирования ГА должна быть оформлена в виде алгоритма и автоматизированной программы их оптимального синтеза по критерию минимума массы, включая расчеты нестационарных режимов ГА на каждом шаге оптимизации. Для сложных взаимосвязанных, взаимодействующих цепей ГА оптимальные законы отключения могут быть получены лишь численными методами с использованием ЭВМ.



а) б)

Рис. 5. ***Схемы управления транзисторным ключом ГА с формированием сигнала вспомогательным контактом: а) принципиальная электрическая схема ГА для бездуговой коммутации электрической цепи; б) конструктивная схема выполнения ГА применительно к гибридному выключателю***

Как отмечается в [28], наиболее предпочтительными, получившими широкое применение в ГА, являются схемы с формированием сигнала управления посредством силовых мостиковых контактов с двумя разрывами, приведенные на рис. 6 (а, б) [16].

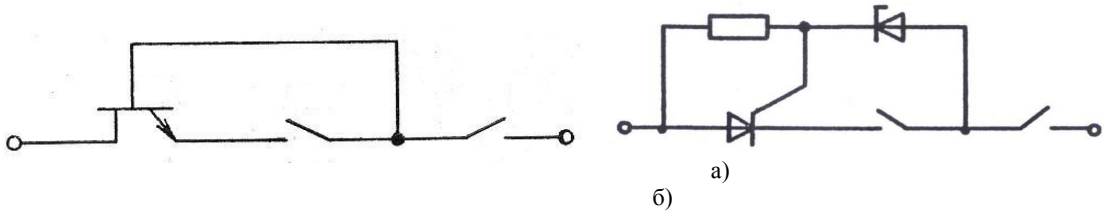


Рис. 6. ***Схемы управления ГА с формированием сигнала мостиковыми контактами:***
а) с использованием SIT-транзистора со статической индукцией;
б) с использованием запираемого тиристора

Гальваническая развязка нагрузки от источника питания, получаемая введением дополнительного ЭМК, увязанного во времени с работой главного ЭМК и управляемого СТК, может достигаться в ГА путем: а) регулировки главных контактов с задержкой на замыкание и дополнительных – с задержкой на размыкание или введения соответствующих кинематических связей между ними [17]; б) использования в качестве дополнительного ЭМК дополнительного реле аналогично техническим решениям по изобретениям [2], [3]; в) выполнения реле многопозиционным.

Для создания новых ГА с заданным законом гибридной коммутации целесообразно осуществление гальванической развязки за счет введения в ГА дополнительных ЭМК, механически сблокированных с главными ЭМК, как, например, в изобретении [17], позволяющем выполнить ГА с заданным алгоритмом работы СТК с главными ЭМК первой и второй пары на базе дистанционного переключателя типа ДП-1-100 [23].

Приведенные схемы ГА имеют определенные достоинства и недостатки безотказной гибридной коммутации, статической и динамической точности воспроизведения законов оптимального управления. При создании ГА, отвечающего современному уровню техники, наряду с оптимальным выбором по конструктивным признакам его основных элементов – электромеханического аппарата и полностью управляемого СТК – необходимо осуществлять их правильный выбор по схемотехническим принципам и технологическим признакам.

Одним из путей создания перспективных коммутационных ГА является использование микросистемной техники в сочетании с нормально открытыми силовыми полевыми транзисторами. Результаты компьютерного моделирования и экспериментальных исследований, проведенных в [14], подтвердили возможность создания новых коммутационных ГА с токами до 10 А и с напряжениями до 120 В на базе последовательного соединения нормально открытых полевых транзисторов и большого числа параллельных МЭМС-реле.

Резюме. Исследования по созданию высокоресурсных коммутационных гибридных аппаратов нового поколения на основе последних достижений силовой электроники и микросистемной техники доказывают перспективность применения нормально открытых силовых управляемых полупроводниковых ключей, включенных последовательно с контактами МЭМС-реле для обеспечения бездуговой гибридной коммутации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. с.* 1159077 СССР, МПК Н 01 Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации / А. А. Григорьев и др. ; заявл. 20.12.82 ; опубл. 30.05.85, Бюл. № 20.

2. *А. с.* 1164799 СССР, МПК Н 01 Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / А. А. Григорьев, В. И. Плотников, А. Л. Виноградов ; заявл. 06.01.84 ; опубл. 30.06.85, Бюл. № 24.

3. *А. с.* 1251199 СССР, МПК Н 01 Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / А. А. Григорьев и др. ; заявл. 27.11.84 ; опубл. 15.08.86, Бюл. № 30.

4. *А. с.* 1387060 СССР, МПК Н 01 Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / А. А. Григорьев, В. И. Плотников ; заявл. 02.10.86 ; опубл. 07.04.88, Бюл. № 13.

5. *А. с.* 1568097 СССР, МПК Н 01 Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / А. А. Григорьев ; заявл. 18.04.88 ; опубл. 30.05.90, Бюл. № 20.

6. *Бономорский, О. И.* Тенденции развития комбинированных полупроводниковых ключей с полевым управлением / О. И. Бономорский, П. А. Воронин // Электронные компоненты. – 2002. – № 6. – С. 18–22.

7. *Ваткина, М. А.* Исследование возможности создания нового поколения низковольтных гибридных аппаратов с заданным законом бездуговой коммутации / М. А. Ваткина, А. А. Григорьев // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 29–38.

8. *Григорьев, А. А.* Создание нового поколения низковольтных гибридных аппаратов с бездуговой коммутацией для специальной электротехники / А. А. Григорьев, М. А. Ваткина // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 49–58.

9. *Григорьев, А. А.* К проблеме создания гибридных аппаратов с заданным законом бездуговой коммутации / А. А. Григорьев, А. В. Никитин // Научно-информационный вестник докторантов, аспирантов, студентов. – 2013. – № 1 (20). – С. 37–42.

10. *Григорьев, А. А.* Особенности создания гибридных аппаратов нового поколения с заданным законом бездуговой коммутации / А. А. Григорьев, М. А. Ваткина // Сервис автомобильного транспорта и безопасность дорожного движения : сб. науч. ст. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. – С. 70–79.

11. *Григорьев, А. А.* Основные тенденции инновационного развития коммутационных гибридных аппаратов нового поколения / А. А. Григорьев, М. А. Ваткина, В. А. Филиппов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 58–63.

12. *Григорьев, А. А.* Перспективные направления инновационного развития коммутационных гибридных аппаратов нового поколения для бортовой аппаратуры автономных систем и комплексов / А. А. Григорьев, М. А. Ваткина // Использование инновационных технологий в сервисном обслуживании транспорта : сб. науч. ст. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2012. – С. 17–32.

13. *Григорьев, А. А.* Основные тенденции инновационного развития коммутационных аппаратов низкого напряжения / А. А. Григорьев, М. А. Ваткина // Инновационные технологии восстановления сборочных единиц и сервисного обслуживания автомобильного транспорта : сб. науч. ст. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2011. – С. 101–110.

14. *Иванов, И. П.* Оценка возможностей создания с использованием микроэлектромеханических систем новых коммутационных аппаратов / И. П. Иванов, С. А. Моисеев // Труды XII Международной конференции «Электромеханика, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты» МКЭЭЭ-2008. – Алушта, 2008. – С. 302.

15. *Могилевский, Г. В.* Гибридные электрические аппараты низкого напряжения / Г. В. Могилевский. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 232 с.

16. *Патент* 1721653 Российская Федерация, МПК Н 01 Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / А. А. Григорьев и др. ; заявл. 22.06.89 ; опубл. 23.03.92.

17. *Патент* 2050616 Российская Федерация, МПК Н 01 Н 9/30. Гибридный бездуговой аппарат / А. А. Григорьев ; заявл. 26.05.92 ; опубл. 20.12.95.

18. *Патент* 2192682 Российская Федерация, МПК Н 01 Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / В. И. Плотников, А. Л. Виноградов, С. А. Моисеев ; заявл. 05.07.2000 ; опубл. 10.11.02.

19. *Патент* 2199795 Российская Федерация, МПК Н 01 L 29/74. Полупроводниковое ключевое устройство с полевым управлением / О. И. Бономорский, П. А. Воронин ; заявл. 05.04.01 ; опубл. 27.02.03.

20. *Патент* 2255390 Российская Федерация, МПК Н 01 Н 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / В. И. Плотников, С. А. Моисеев, М. А. Григорьева ; заявл. 12.01.04 ; опубл. 27.06.05.

21. *Патент* 2282265 Российская Федерация, МПК H 01 H 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / М. А. Григорьева и др. ; заявл. 25.05.04 ; опубл. 20.08.06.

22. *Патент* 2298249 Российская Федерация, МПК H01H 9/30. Устройство для бездуговой коммутации электрической цепи / М. А. Григорьева и др. ; заявл. 14.07.04 ; опубл. 27.04.07.

23. Переключатель дистанционный серии ДП-1. Технические условия ТУ 16-526.455-79. – Чебоксары : Чебоксарский электроаппаратный завод, 1979.

24. *Плотников, В. И.* Возможное направление разработки коммутационных аппаратов для автономных систем автоматики / В. И. Плотников, А. А. Григорьев, Е. В. Самарин // Труды ВНИИР. Аппаратура управления. – 1980. – № 11. – С. 73–76.

25. Реле комбинированное серии РКН11. Технические условия ТУ3425-023-00216823-94. – Чебоксары : ВНИИР – Прогресс, 1994.

26. *Сагарадзе, Е. В,* Перспективы развития комбинированных коммутационно-защитных аппаратов специального назначения с применением нормально открытых силовых полупроводниковых приборов / Е. В. Сагарадзе, В. М. Кариков, В. И. Плотников, С. А. Моисеев, Е. В. Самарин, М. А. Григорьева // Электрическое питание : научно-техн. сб. Специальный выпуск. – М. : Электронинвест, 2004. – С. 127–132.

27. *Флоренцев, С. Н.* Силовая электроника начала тысячелетия / С. Н. Флоренцев // Электротехника. – 2003. – № 6. – С. 3–9.

28. Электрические и электронные аппараты : учебник для вузов / под ред. Ю. К. Розанова. – М. : Энергоатомиздат, 1998. – 752 с.

29. *Bhat, A. K. S.* IGT-Gated Bipolar MOS Hybrid Cascode Switch / A. K. S. Bhat // Applied Power Electronics Conference and Exposition. – N. Y., 1988. – P. 236–245.

30. *Mitlehner, H.* Dynamic Characteristics of High Voltage 4H SiC Vertical JFETs / H. Mitlehner, W. Bartsch, K. Dohnke, P. Friedrichs, R. Kaltschmidt // Power Semiconductor Devices and IC's. ISPSD'99. IEEE International Symposium. – Toronto, 1999. – P. 339–342.

УДК 611:613.644

ИЗМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КАРДИОРЕСПИРАТОРНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА*

CHANGE IN CARDIORESPIRATORY SYSTEM FUNCTIONING UNDER TRAFFIC NOISE

Д. А. Димитриев[1], О. С. Индейкина[1], А. Д. Димитриев[2]

D. A. Dimitriev[1], O. S. Indeykina[1], A. D. Dimitriev[2]

[1]ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

[2]Чебоксарский кооперативный институт (филиал) АНО ВПО ЦС РФ «Российский университет кооперации», г. Чебоксары

Аннотация. Данная работа посвящена изучению изменений функционирования кардиореспираторной системы при воздействии транспортного шума. Установлено, что воздействие данного звукового сенсорного стимула приводит к сдвигу вегетативного баланса в сторону снижения активности парасимпатического отдела вегетативной нервной системы.

Abstract. This work is devoted to studying the changes in cardiorespiratory system functioning under traffic noise. It is established that the effect of sound sensory stimulus has led to the shift of vegetative balance in the direction of decreased activity of parasympathetic division of autonomic nervous system.

Ключевые слова: *кардиореспираторная система, транспортный шум, вариабельность сердечного ритма, частота дыхания.*

Keywords: *cardiorespiratory system, traffic noise, heart rate variability, respiratory rate.*

Актуальность исследуемой проблемы. Среди многочисленных эффектов от действия шума значительное место занимают неспецифические изменения в организме [1], [6]: повышение артериального давления [3], увеличение частоты сердечных сокращений [4] и смещение вегетативного тонуса в сторону повышения относительного тонуса симпатического отдела ВНС [5]. В то же время нет экспериментальных исследований влияния шума низкой интенсивности на показатели функционирования кардиореспираторной системы.

Материал и методика исследований. В работе приняли участие 30 студентов факультета естествознания и дизайна среды Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева с высоким уровнем шумовой чувствительности, определенной с помощью теста Weinstein (1978) в нашей модификации (О. С. Индейкина, 2011).

* Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ: грант № 14.B37.21.0215, грант № 4.4904.2011.

В качестве звукового стимула был использован транспортный шум, записанный на цифровой диктофон Sony ICD около крупной автомагистрали г. Чебоксары. В экспериментальных условиях источником шума являлся CD-проигрыватель Panasonic (SL-CT820). Подача звука осуществлялась через наушники Sony (MDR-XD200). Интенсивность шумового воздействия составила 60 дБ(А), что соответствует гигиеническому нормативу (СанПиН 2.1.2.2645-10) [2]. Измерение уровня звука в каждом канале наушников проводилось с помощью шумомера CENTER 320 (Center Technology Corp., Taiwan).

Запись вариабельности сердечного ритма осуществлялась с помощью программно-аппаратного комплекса «Поли-спектр 8Е» (ООО «Нейрософт», г. Иваново). Кардиограмма записывалась согласно рекомендациям Европейской ассоциации кардиологов. Частота дыхания фиксировалась датчиком дыхания для программно-аппаратного комплекса «Поли-спектр 8Е». Измерение артериального давления осуществлялось с помощью автоматического тонометра BP 3AG-1 фирмы Microlife.

Исследование проводилось дважды: в отсутствии и во время шумового воздействия.

В ходе исследования нами измерялись следующие показатели: частота сердечных сокращений (ЧСС), систолическое артериальное давление (САД), диастолическое артериальное давление (ДАД), частота дыхания (ЧД), отношение числа NN-интервалов, отличающихся от соседних более чем на 50 мс, к общему числу NN-интервалов (pNN50), стандартное отклонение всех NN интервалов (SDNN), среднее значение квадратного корня из суммы квадратов разности величин последовательных пар NN-интервалов (RMSSD), общая мощность (TF), мощность спектра низкочастотного компонента вариабельности сердечного ритма (ВСР) (LF), мощность спектра высокочастотного компонента ВСР (HF), мощность самого низкочастотного компонента ВСР (VLF), индекс вегетативного баланса (LF/HF), вегетативный индекс Кердо (ВИК). Эмоциональное отношение студентов к шуму оценивалось с помощью гедонической шкалы лиц и путем опроса.

Результаты исследований и их обсуждение. В ходе сравнительного анализа показателей гемодинамики обнаружено, что воздействие транспортного шума не вызвало существенного изменения уровня ЧСС ($z=0,59$; $p>0,05$). Кроме того, при воздействии шума произошло незначительное повышение САД ($z=0$; $p>0,05$), а также снижение ДАД ($z=0$; $p>0,05$). Вычисленный на основе данных САД и ЧСС ВИК свидетельствует о недостоверном повышении среднего значения данного индекса в период экспозиции транспортным шумом ($z=0,18$; $p>0,05$) (табл. 1).

Таблица 1

Изменение гемодинамических показателей в отсутствии и во время шумового воздействия

Показатель	В отсутствии шумового воздействия	Во время шумового воздействия	Z	p
ЧСС, уд./мин	69,6±1,79	69,33±1,64	0,59	>0,05
САД, мм. рт. ст.	106,03±1,40	106,63±1,44	0,013	>0,05
ДАД, мм. рт. ст.	66,77±1,45	66,37±1,14	0,011	>0,05
ВИК	1,03±2,72	1,32±2,83	0,18	>0,05

Представленные в табл. 2 результаты исследования показателей временной области ВСР свидетельствуют о том, что транспортный шум малой интенсивности (60 дБ(А)) вызвал снижение SDNN ($z=2,04$; $p<0,05$), RMSSD ($z=2,64$; $p<0,01$) и pNN50 ($z=2,08$; $p<0,05$) (рис. 1).

Таблица 2

Изменение временных показателей ВСР в отсутствии и во время шумового воздействия

Показатель	В отсутствии шумового воздействия	Во время шумового воздействия	Z	p
SDNN, мс	43,24±5,49	38,38±4,77	2,04	<0,05
RMSSD, мс	50,84±9,81	41,48±6,87	2,64	<0,01
pNN50, %	25,12±5,22	19,6±4,46	2,08	<0,05

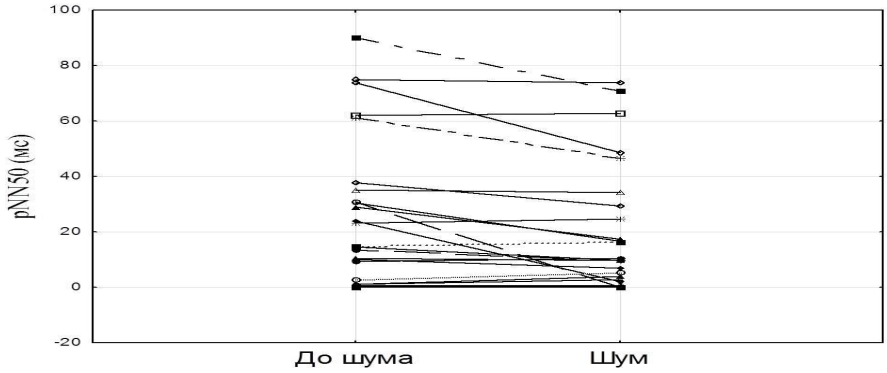


Рис. 1. ***Индивидуальные значения pNN50 до и во время воздействия транспортного шума***

Результаты изучения спектральных показателей ВСР у испытуемых приведены в табл. 3. В период шумового воздействия произошло небольшое и статистически недостоверное снижение уровней показателей ВСР – TF (z=0,18; p>0,05), VLF (z=0,18; p>0,05) и LF (z=-0,18; p>0,05). В то же время при прослушивании транспортного шума отмечается статистически достоверное снижение выраженности дыхательной аритмии, о чем свидетельствует снижение уровней HF (z=2,54; p<0,05) и pHF (z=2,69; p<0,01). Достоверными были изменения показателей pLF (z=3,20; p<0,01) и LF/HF (z=2,69; p<0,01).

Таблица 3

Изменение спектральных показателей ВСР в отсутствии и во время шумового воздействия

Показатель	В отсутствии шумового воздействия	Во время шумового воздействия	Z	p
TF, мс^2	2452,91±628,77	2100,41±431,35	0,18	>0,05
VLF, мс^2	606,37±105,67	600,78±96,67	0,18	>0,05
LF, мс^2	379,35±92,52	378,36±73,66	-0,18	>0,05
HF, мс^2	1601,02±527,64	1137,09±345,23	2,54	<0,05
pLF, %	28,17±3,003	33,31±3,59	3,20	<0,01
pHF, %	71,66±2,77	66,53±3,305	2,69	<0,01
LF/HF	0,47±0,07	0,64±0,11	2,69	<0,01

Проведенный нами сравнительный анализ значений ЧД в различные периоды шумового воздействия дал следующие результаты: среднее значение ЧД до шумового воздействия составило 17,48±0,44 дых./мин (95 % Д.И.: 16,58–18,38). Воздействие шума вызвало статистически достоверное ($z=2,81$; $p<0,01$) снижение данного показателя до 18,29±0,46 дых./мин (95 % Д.И.: 17,35–19,24).

Резюме. Проведенное нами исследование позволяет сделать вывод о том, что небольшое по интенсивности воздействие транспортного шума не вызывает существенного повышения артериального давления и ЧСС у испытуемых. Кроме того, у большинства студентов отмечалась тенденция к эмоционально нейтральной оценке шума (оценка варьировалась от умеренно негативной (58,43 %) до безразличной (41,57 %)).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Индейкина, О. С.* Вегетативные изменения в ответ на музыкальный стимул угрожающего характера / О. С. Индейкина // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – 2 (78). – С. 59–63.

2. *СанПиН* 2.1.2.2645-10 VI. Гигиенические требования к уровням шума, вибрации, ультразвука и инфразвука, электрических и электромагнитных полей и ионизирующего излучения в помещениях жилых зданий.

3. *Belojevic, G.* Traffic noise and blood pressure in low-socioeconomic status, African-American urban schoolchildren / G. Belojevic, G. W. Evans // J. Acoust. Soc. Am. – 2012. – Vol. 132. – N 3. – P. 1403–1406.

4. *Croy, I.* Effects of train noise and vibration on human heart rate during sleep: an experimental study [Электронный ресурс] / I. Croy, M. G. Smith, K. P. Waye // BMJ Open. – Электрон. журн. – 2013. – Vol. 3. – N 5. – Режим доступа к журн.: doi:pii:e002655. 10.1136/bmjopen-2013-002655.

5. *Goyal, S.* Effect of noise stress on autonomic function tests / S. Goyal, V. Gupta, L. Walia // Noise Health. – 2010. – Vol. 48. – N 12. – P. 182–186.

6. *Passchier-Vermeer, W.* Noise exposure and public health / W. Passchier-Vermeer, W. F. Passchier // Environ Health Perspect. – 2000. – Vol. 108. – N 1. – P. 123–131.

УДК 629.113.004.5.001.2 (075.8)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ АВТОСЕРВИСА НА ФЕДЕРАЛЬНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ М7 «ВОЛГА» ПО ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

DESIGN OF SERVICE STATIONS IN FEDERAL HIGHWAY M7 «VOLGA» IN THE CHUVASH REPUBLIC

С. Ю. Дмитриев

S. Y. Dmitriev

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Учет движения транспортных средств по автомобильным дорогам производится с целью получения и накопления информации об общем количестве этих средств, проходящих в единицу времени по данной дороге в обоих направлениях, а также о количестве отдельных групп подвижного состава в общем потоке транспортных средств.

Abstract. Accounting for the traffic on the roads is made to obtain and accumulate information on the total amount of vehicles per unit of time on a particular road in both directions, and also on the number of certain groups of motive power in the general flow of vehicles.

Ключевые слова: *автодорога, автосервис, интенсивность движения, безопасность движения.*

Keywords: *highway, service station, vehicle density, traffic safety.*

Актуальность исследуемой проблемы. Рост процесса автомобилизации в стране и в мире обуславливает определенные проблемы перед человеческим обществом. Сегодня иметь в собственности автомобиль – значит взять на себя все обязательства по его обслуживанию и содержанию в технически исправном и безопасном для себя и окружающих состоянии, выполнять обязательства перед налоговыми органами, страховыми организациями и т. д. Для удовлетворения потребностей автолюбителей в услугах автомобильного сервиса существует специализированная дорожная инфраструктура, которая состоит из самих дорог, обслуживающих их организаций, объектов придорожного сервиса.

Материал и методика исследований. Общая протяженность трассы М7 составляет 1351 км. Трасса М7 проходит по территории Московской, Владимирской и Нижегородской областей, а также таких республик, как Чувашия, Татарстан и Башкортостан. Трасса М7 входит в часть европейского маршрута Е017. Автомагистраль М7 проходит в условиях равнинной лесисто-болотистой, лесной, а также степной местности.

На территории Чувашской Республики протяженность трассы, именуемой как Горьковское шоссе, составляет около 160–170 км (табл. 1). Особенность трассы М7 в том, что она проходит через множество населенных пунктов.

Состояние трассы М7, как и многие другие федеральные трассы, требует особого внимания водителя. Прекрасный ровный участок дороги может неожиданно перейти в уз-

кую дорогу с отвратительным дорожным покрытием. Федеральная трасса М7 «Волга» строилась более 50 лет назад. Поэтому на некоторых участках дороги радиусы поворотов не соответствуют современным требованиям и нормам. Множество крутых спусков и затяжных подъемов приводит к большому количеству аварий. Зимой в сильные метели крутые затяжные подъемы становятся непреодолимой преградой для грузовых автомобилей, особенно для фургонов, например, в Моргаушском районе спуск-подъем возле населенного пункта Рыкакасы составляет 622 км трассы, спуск-подъем возле деревни Калайкасы – 625 км трассы, в Цивильском районе подъем-спуск возле населенного пункта Абашево – 667 км трассы, в Козловском районе спуск-подъем «Тоганашевский» возле населенного пункта Тоганашево – 720 км трассы и «Тюрлеминский» подъем-спуск возле железнодорожной станции и одноименного населенного пункта (Тюрлема) – 725 км трассы.

Таблица 1

Основные населенные пункты на автодороге М7 «Волга» по Чувашской Республике

Наименование населенного пункта	Км трассы М7
575	Въезд в ЧР со стороны Нижнего Новгорода
583	Город Ядрин
651	Деревня Сятракасы, «Мотель М7»
675	Город Цивильск
725	Поворот на город Козловку
735	Граница с Республикой Татарстан

Объекты придорожного сервиса – «автосервиса» – на трассе М7 представлены в большом количестве. Это АЗС, пункты медицинской помощи, кафе и рестораны, магазины запасных частей и продуктов питания, отели и гостиницы, станции технического обслуживания автомобилей. Среди АЗС в основном попадаются компании «Лукойл», «Татнефть», «Сибнефть», «Оптан», «Токо», «Дорисс». АЗС располагаются практически каждые 10–15 км. Конкуренция среди АЗС на сегодняшний день высока. Решающим фактором здесь будут цена и качество нефтепродуктов, качество и уровень обслуживания, комплексный подход в расположении объектов сервиса (сосредоточение разных объектов придорожного сервиса в одном месте), лояльность и приверженность водителя к определенному «бренду», связанная с хорошей репутацией компании в обществе, наличие у водителя топливной карты или дисконтной карты.

Отели, кафе и столовые на М7 расположены в основном в населенных пунктах, по которым проходит трасса. Наиболее популярные объекты в Чувашской Республике – отель М7 – 651 км трассы возле д. Сятракасы (Чебоксарский район) столовые «Шанчăк» и «Аниш» в д. Андреево-Базары – 704 км трассы, кафе «Сытый папа» на АЗС «Сибнефть» – 710 км трассы (Козловский район), кафе «Регион 21» – 616 км трассы возле населенного пункта Москакасы в Моргаушском районе. Данные объекты пользуются особой популярностью среди водителей, особенно дальнобойщиков, так как там приемлемые цены, хорошее качество обслуживания, вкусная еда, а главное, имеются специальные места для парковки большегрузных автомобилей.

При технологическом проектировании объектов придорожного сервиса основными показателями являются производственная мощность и размеры будущего объекта. Отличительной особенностью технологического расчета объектов придорожного сервиса будет то, что заезды автомобилей на эти объекты носят случайный характер. Например, производ-

ственная программа дорожных СТО определяется общим суточным числом заездов автомобилей на станцию для оказания им технической помощи. Производственная программа станций обслуживания является основным показателем для расчета годовых объемов работ, на основе которых определяется численность рабочих, число постов и т. д. [2].

Мощность дорожных станций зависит от частоты схода автомобилей с дороги, интенсивности движения по автомобильной дороге и расстояния между станциями. Основной показатель для объектов автосервиса – интенсивность движения – число автомобилей, проходящих по автомобильной дороге за сутки в среднем за год в обоих направлениях [2].

Сведения о размерах и составе движения на участках федеральной автодороги можно получить в организациях содержания и ремонта дороги. В частности, для Чувашии такой организацией является ФГУ «Управление автомагистрали Нижний Новгород – Уфа» в г. Чебоксары, которая обслуживает участок до Казани.

Показатели учета транспортных средств используются:

– при планировании и организации работ по ремонту и содержанию дорог, их реконструкции, а также усилению дорог или их различных элементов;

– при разработке мероприятий по инженерному обустройству дорог, стадийному строительству на дорогах зданий и сооружений дорожно-эксплуатационной и автотранспортной службы;

– при разработке и осуществлении мероприятий по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах [1].

Подсчет количества транспортных средств, проходящих по автомобильным дорогам, производится автоматическими приборами (счетчиками). Место, где ведется подсчет транспортных средств, проходящих по автомобильной дороге, называется учетным пунктом. Учетные пункты, как правило, располагают:

– у пересечений автомобильных дорог;

– в местах примыкания к основной дороге других автомобильных дорог, на подходах к административным и промышленным центрам, а также после выезда из них;

– на развилках автомобильных дорог;

– на развилках у мест отмыкания (примыкания) объездов городов и крупных населенных пунктов [1].

В Чувашской Республике используются счетчики английской компании Golden River. Всего имеется четыре счетчика в четырех учетных пунктах: на границе с Нижним Новгородом – 583 км трассы, учетный пункт № 6; Москакасы (Моргаушский район) – 616 км трассы, учетный пункт № 7; восточный подъезд (В.П.) к городу Чебоксары (около поселка Альгешево), учетный пункт № 3; поселок Кугеси – 656 км трассы, учетный пункт № 9.

Результаты исследований и их обсуждение. Полученная от регистраторов учета информация обрабатывается и реализуется в форме графиков или таблиц (табл. 2).

Кроме того, в дорожно-эксплуатационном управлении можно получить сведения об аварийности на участках трассы с целью учета данной информации при проектировании объектов автосервиса (табл. 3).

Наиболее аварийно-опасным по-прежнему остается участок федеральной дороги М7 «Волга», проходящей по территории Нижегородской области и Чувашской Республики. К сложным географическим условиям (на данном участке много спусков и подъемов) прибавляется большая интенсивность движения порядка 30–45 тысяч автомобилей в сутки, и все это на старых семиметровых участках дороги.

Таблица 2

Данные по интенсивности движения, полученные автоматическими средствами учета за период январь–декабрь 2011 года

№ п/п	Наименование дорог; участки км+ – км+	Учетные пункты		Среднесуточные годовые размеры движения, авт./сут.													Дата учета	Максимальная интенсивность за год			
				Грузовые автомобили и автопоезда грузоподъемностью										Легковые автомобили	Автобусы	Всего транспортных средств		Часовая		Суточная	
				Легкие до 2,0 т		Средние от 2,1 до 5,0 т		Тяжелые от 5,1 до 8,0 т		Очень тяжелые более 8,0 т		Итого									
		№	На каком км	Всего	Из них автопоезда	Всего	Из них автопоезда	Всего	Из них автопоезда	Всего	Из них автопоезда	Всего	Из них автопоезда					авт./час	дата	авт./час	дата
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Восточный подъезд к г. Чебоксары от автодороги М7 «Волга» км 0+000 – км 3+300	15	3	32	7	245	8	221	49	221	24	719	88	9870	212	10801	04.01.	768	04.01.	10801	04.01.
2		15	3	278	12	1412	78	1204	158	356	46	3250	294	14562	215	18027	19.01.	1591	19.01.	18027	19.01.
3		15	3	68	14	1278	78	1248	112	214	87	2808	291	11587	321	14716	04.02.	1025	04.02.	14716	04.02.
4		15	3	45	18	456	48	1212	251	201	68	1914	385	16101	302	18317	19.02.	1427	19.02.	18317	19.02.
5		15	3	51	19	378	87	549	214	328	241	1306	561	14258	345	15909	04.03.	1456	04.03.	15909	04.03.
6		15	3	245	68	846	234	1569	312	687	458	3347	1072	14597	312	18256	19.03.	1390	19.03.	18256	19.03.
7		15	3	245	68	846	234	1569	312	458	54	3118	668	13589	322	17029	04.04.	1243	04.04.	17029	04.04.
8		15	3	312	57	978	118	1021	102	189	42	2500	319	18791	351	21642	19.04.	1587	19.04.	21642	19.04.
9		15	3	214	76	865	145	1478	215	345	58	2902	494	12987	487	16376	04.05.	1320	04.05.	16376	04.05.
10		15	3	158	22	478	56	2598	87	257	22	3491	187	12897	312	16700	19.05.	1271	19.05.	16700	19.05.
11		15	3	187	31	985	46	1897	345	548	45	3617	467	18765	354	22736	04.06.	1501	04.06.	22736	04.06.
12		15	3	201	75	876	68	1845	289	498	36	3420	468	15687	367	19474	19.06.	1468	19.06.	19474	19.06.
13		15	3	212	65	987	84	1985	451	501	48	3685	648	16521	354	20560	04.07.	1456	04.07.	20560	04.07.
14		15	3	196	54	895	71	1879	386	473	40	3443	551	15421	325	19189	19.07.	1328	19.07.	19189	19.07.
15		15	3	210	111	958	98	1985	401	578	124	3731	734	16891	428	21050	04.08.	1507	04.08.	21050	04.08.
16		15	3	225	125	1120	120	2123	562	602	189	4070	996	17950	359	22379	19.08.	1682	19.08.	22379	19.08.
17		15	3	201	102	1020	101	2021	368	541	117	3783	688	16859	402	21044	04.09.	1593	04.09.	21044	04.09.
18		15	3	198	87	985	48	1864	276	487	112	3534	523	15987	387	19908	19.09.	1428	19.09.	19908	19.09.
19		15	3	155	64	1020	54	2010	301	352	89	3537	508	16542	354	20433	04.10.	1589	04.10.	20433	04.10.
20		15	3	87	20	754	78	1758	298	374	66	2973	462	15478	365	18816	19.10.	1372	19.10.	18816	19.10.
21		15	3	145	45	894	65	1879	321	301	54	3219	485	17654	354	21227	04.11.	1643	04.11.	21227	04.11.
22		15	3	150	37	758	58	1758	289	278	34	2944	418	15462	325	18731	19.11.	1473	19.11.	18731	19.11.
23		15	3	165	45	879	75	1805	302	301	42	3150	464	16582	348	20080	04.12.	1508	04.12.	20080	04.12.
24		15	3	145	28	758	69	1798	298	273	21	2974	416	15987	325	19286	19.12.	1472	19.12.	19286	19.12.
Средне-годовая		**15**	**3**	**172**	**52**	**861**	**88**	**1637**	**279**	**390**	**88**	**3060**	**508**	**15459**	**343**	**18862**		**1421**		**18862**	

Таблица 3

Сводные сведения о ДТП на автомобильной дороге М7 «ВОЛГА» ОАО ДЭП 146 за 2011 год

Название автомобильной дороги	Кол-во ДТП (шт.)	Послед-ствия ДТП		Неудовлетвори-тельные дорож-ные условия		
		ранено	погибло	ДТП-ДУ	ранено	погибло
км 0+000 – км 3+300; км 654+км 850 – км 667+550; км 627+180 (слева); км 626+540 (справа) – км 573+785	98	147	19	14	22	2
из них столкновение						
В.П. 665+065; км 000+800; км 661+300; км 608+090; км 656+180; км 615+010; км 621+324; км 582+153; км 576+120; км 656+850; км 663+120; км 587+592; км 620+536; км 659+060; км 612+365; км 586+674; км 621+200; км 621+879; км 597+700; км 656+720; км 599+699; км 587+417; км 585+387; км 659+770; км 656+820; км 607+075; км 627+580; км 655+350; км 578+921; км 656+360; км 615+130; км 654+073; км 619+600; км 656+880; км 615+600; км 656+360; км 615+130; км 657+152; км 597+630; км 654+860; км 607+626; км 610+460; км 654+400; км 659+730; км 656+180; км 602+957; км 591+059; км 612+016; км 573+890; км 664+890; км 599+813; км 589+968; км 577+855; км 611+330; км 656+820; км 656+832; км 602+930; км 616+850; км 664+830; км 608+600; км 568+690; км 588+554; км 655+450; км 607+680; км 614+116; км 621+363; км 582+813	67	118	13	6	11	1
из них наезд на пешехода						
км 664+910; км 656+180; км 656+180; км 656+180; км 656+780; км 623+650; км 663+860; км 656+294; В.П. 2+320; км 602+235; км 655+700; км 656+180; В.П. 1+300; км 618+270; В.П. 0+320; км 656+400; км 622+900; км 659+200; км 577+360; км 576+800; км 656+180; км 616+200; км 584+150	23	20	6	7	6	1
из них опрокидывание						
км 660+530; км 588+079; км 591+845	3	4	0	1	1	0
из них наезд на препятствие						
км 575+420; км 655+100; км 659+000	3	3	0	0	0	0
из них наезд на стоящее транспортное средство						
км 581+593	1	1	0	0	0	0
из них наезд на велосипедиста						
км 586+077	1	1	0	0	0	0

Статистика печальных последствий могла бы быть здесь и значительно больше, однако благодаря качественному содержанию и своевременному выполнению ремонтных работ дорожникам удается снижать аварийность данного участка.

Резюме. Данные по интенсивности движения на исследуемом участке дороги, полученные автоматическими средствами учета, являются большим подспорьем для предприятий и организаций, планирующих проектирование, дальнейшее строительство и эксплуатацию объектов автосервиса – автозаправочных станций и комплексов, гостиниц и отелей, СТО, кафе, закусочных, столовых и т. д. Данная информация дает возможность для полного удовлетворения потребностей автолюбителей в услугах автомобильного сервиса, в соблюдении правил безопасности дорожного движения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Инструкция* по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах (Минавтошосдор РСФСР). – М. : Транспорт, 1969. – 56 с.

2. *Напольский, Г. М.* Технологическое проектирование АТП и станций технического обслуживания / Г. М. Напольский. – М. : Транспорт, 1985. – 231 с.

УДК 638.171

УСТАНОВКА ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ КОМБИКОРМОВ

INSTALLATION FOR COMPOUND FEED DISINFECTION

Г. Л. Долгов, А. А. Белов, Т. В. Шаронова

G. L. Dolgov, A. A. Belov, T. V. Sharonova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье приведены описание и принцип действия установки для обеззараживания комбикормов воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ).

Abstract. The article describes the operation principle of the installation for compound feed disinfection by means of influence of ultrahigh-frequency electromagnetic field (UHF field).

Ключевые слова: *электромагнитное поле сверхвысокой частоты, сферическая резонаторная камера, комбикорма, пневмотранспортер.*

Keywords: *ultrahigh-frequency electromagnetic field, spherical resonating chamber, compound feed, pneumoconveyor.*

Актуальность исследуемой проблемы. Анализ производственных ситуаций на животноводческих фермах и комплексах, на птицефабриках показывает, что большинство болезней животных и птицы обусловлено недоброкачественностью кормов, наличием в них патогенной микрофлоры [1], [2], [3]. Бактериальная обсемененность комбикормов значительно снижет его качество и ограничивает использование, вызывает падеж сельскохозяйственных животных и птицы. При обсемененности комбикормов в них содержатся микробные клетки и другие бактерии. Поэтому качество комбикормов имеет большое народнохозяйственное значение и играет решающую роль в повышении рентабельности животноводства и птицеводства.

Материал и методика исследований. Поставленные задачи решены путем проведения теоретических и экспериментальных исследований с использованием теории диэлектрического нагрева, положения термодинамики, системного анализа способов и технических средств, предназначенных для обеззараживания комбикормов при сниженных энергетических затратах. Источником энергии электромагнитных излучений служит сверхвысокочастотный генератор от бытовых микроволновых печей [4], [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Целью настоящей работы является разработка энергосберегающей технологии обеззараживания комбикормов с использованием СВЧ-энергоподвода.

Разрабатываемая установка относится к кормопроизводству. Обзор существующих технологий и технических средств, предназначенных для обеззараживания комбикормов воздействием физических факторов, показывает, что при комплексном воздействии двух

и более источников энергии на фоне бактерицидного потока УФ-лучей происходит достаточное снижение энергетических затрат. Но при этом лампы высокого давления типа ДРТ, используемые как источник бактерицидного потока УФ-лучей, имеют низкий срок эксплуатации.

Поэтому известная установка для обеззараживания комбикормов в виде экранирующего корпуса, внутри которого установлены источники УФ-лучей и микроволновые печи, через которые проложен диэлектрический скребковый транспортер [2], имеет низкие эксплуатационные характеристики.

В связи с этим нами разрабатывается установка с использованием только СВЧ-энергоподвода, обеспечивающая интенсификацию процесса обеззараживания комбикорма при сниженных энергетических затратах.

Составлена операционно-технологическая схема процесса обеззараживания комбикормов воздействием ЭМП СВЧ (рис. 1). Она предусматривает загрузку комбикормов в приемный бункер, обеззараживание за счет воздействия ЭМП СВЧ в процессе пневмотранспортирования через резонаторную камеру и выгрузку.

Рис. 1. ***Операционно-технологическая схема процесса обеззараживания комбикормов воздействием ЭМП СВЧ***

Технический результат достигается тем, что СВЧ-установка для обеззараживания комбикормов (рис. 2, 3) состоит из цилиндрического экранирующего корпуса 1, воздушного фильтра 2, штуцера отвода воздуха 3, резонаторной камеры 4, сверхвысокочастотного генераторного блока 5 с излучателем 6, шнека-дозатора 7, 8, выгрузного желоба 9, мотора-редуктора привода шнека 10, загрузочного штуцера 11 – запредельного волновода.

Внутри вертикально расположенного цилиндрического экранирующего корпуса 1 установлена сферическая резонаторная камера 4, соединенная через штуцер отвода воздуха 3 с воздушным фильтром 2. К образующей экранирующего корпуса 1 состыкован сверхвысокочастотный генераторный блок 5, так что излучатель 6 направлен в сторону сферической резонаторной камеры 4, для чего на ее поверхности имеется отверстие, закрытое фторопластовой пластиной. При этом отверстия на резонаторной камере 4 и экранирующем корпусе 1 совмещены соосно для направления потока излучений в резонаторную камеру. В нижней части цилиндрического экранирующего корпуса 1 закреплены выгрузной желоб 9 и мотор-редуктор 10 привода выгрузного шнека-дозатора 8.

На месте сопряжения резонаторной камеры 4 и экранирующего корпуса 1 (со стороны образующей) имеются отверстия для магнетрона 6 генераторного блока 5, расположенного снаружи экранирующего корпуса. К нижней части сферической резонаторной камеры пристыкован корпус 7 диэлектрического шнека-дозатора 8 с мотором-редуктором 10. Корпус 7 выполнен из неферромагнитного материала. К нижнему основанию цилиндрического экранирующего корпуса 1 закреплен выгрузной желоб 9. Верхняя часть сферической резонаторной камеры соединена с загрузочным штуцером 11, подведенным через экранирующий корпус 1.

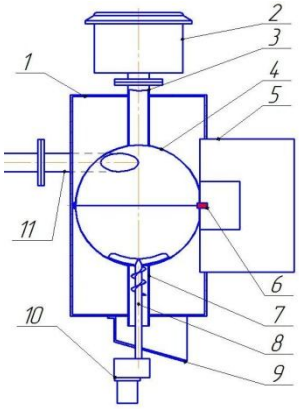


Рис. 2. ***Схематическое изображение установки для обеззараживания комбикормов:***
1 – цилиндрический экранирующий корпус; 2 – воздушный фильтр; 3 – штуцер отвода воздуха;
4 – сферическая резонаторная камера; 5 – сверхвысокочастотный генераторный блок; 6 – излучатель;
7, 8 – шнек-дозатор; 9 – выгрузной желоб; 10 – мотор-редуктор привода шнека; 11 – загрузочный штуцер

СВЧ-установка для обеззараживания комбикормов работает следующим образом. Включают мотор-редуктор 10 привода шнека дозатора 7, 8 и пневмотранспортную установку, которая через загрузочный штуцер 11 подает комбикорм в резонаторную камеру 4. После чего включают сверхвысокочастотный генераторный блок 5 с излучателем 6, что создает поток энергии электромагнитных излучений в сферической резонаторной камере 4. Под действием ЭМП СВЧ комбикорма подвергаются эндогенному нагреву и выводятся с помощью шнека-дозатора 7, 8 в выгрузной желоб 9. Процесс обеззараживания комбикормов происходит в поточном режиме, при этом отвод воздуха из сферической резонаторной камеры 4 осуществляется через штуцер 3 посредством воздушного фильтра 2. Штуцера отвода воздуха 3 и загрузки сырья 11, а также корпус шнека-дозатора 7 одновременно выполняют функции запредельных волноводов, ограничивая поток электромагнитного излучения за пределами цилиндрического экранирующего корпуса 1.

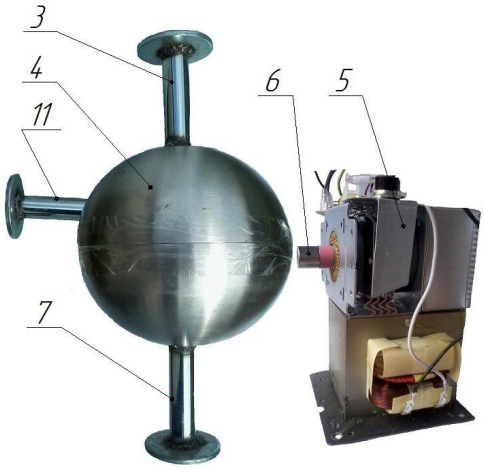


Рис. 3. ***Отдельные узлы для обеззараживания комбикормов: 3 – штуцер отвода воздуха; 4 – сферическая резонаторная камера; 5 – сверхвысокочастотный генераторный блок; 6 – излучатель; 7 – шнек-дозатор; 11 – загрузочный штуцер***

Резюме. Все более широкое применение в различных отраслях народного хозяйства имеют новые электротехнологии, использующие энергию ЭМП СВЧ. Это поле обладает бактерицидными свойствами, и обработанные им комбикорма, пораженные грибками или различными микроорганизмами, теряют свои токсические свойства. Кроме того, воздействие ЭМП СВЧ в разработанной установке обеззараживания комбикормов в процессе пневмотранспортирования на питательные вещества кормов способствует их распаду на более простые соединения, которые легче перевариваются в желудочно-кишечном тракте животных.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. с.* № 151624 СССР МКИ А 23 L 1. Установка для микронизации зерна / В. С. Ветров, Г. М. Василевский, П. А. Горбацевич и др. – заявл. № 764222 от 10.02.62 ; опубл. 01.01.62, Бюл. № 21. – 4 с.

2. *А. с.* № 1554869 СССР МКИ А 23 L 1. Установка для термообработки зерна / И. С. Агеенко. – заявл. № 4442973 от 17.06.88 ; опубл. 07.04.90, Бюл № 1-13 (71). – 3 с. : ил.

3. *Зверев, С. В.* ИК-излучение при переработке фуражного зерна / С. В. Зверев, Е. П. Тюрев // Комбикормовая промышленность. – 1994. – № 6. – С. 9–11.

4. *Лукина, Д. В.* Исследование распределения теплового потока по объему хлебопекарных дрожжей при эндогенном нагреве / Д. В. Лукина, М. В. Белова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 102–105.

5. *Патент* 2489068 РФ, А 23 N 17/00. СВЧ-индукционная установка барабанного типа для микронизации зерна / М. В. Белова, Н. К. Кириллов, Г. В. Новикова, О. В. Михайлова, А. А. Белов. – № 2012100432 ; заявл. 16.01.12, Бюл. № 22. – 14 с.

УДК 536.46

ДВУХФАЗНЫЕ ПОТОКИ ПРОДУКТОВ СГОРАНИЯ ПЛАМЕНИ СВЕЧИ

TWO-PHASE FLOWS OF COMBUSTION PRODUCTS OF CANDLE FLAME

А. В. Егоров, С. И. Ксенофонтов

A. V. Egorov, S. I. Ksenofontov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Экспериментально установлено, что двухфазный поток продуктов сгорания пламени создает вокруг себя конвективные потоки окружающего воздуха. Расход этого потока превышает в несколько раз массовый расход продуктов сгорания. Между невозмущенным воздухом и конвективным потоком существует пограничный слой. Расход этого слоя не превышает 10 % от общего расхода конвективного потока.

Abstract. It is experimentally established that two-phase flow of combustion products of flame creates convection ambient air flows around. This flow rate exceeds the mass flow of combustion products several times. There is boundary layer between undisturbed air and convective flow. The flow rate of this layer does not exceed 10 percent of convective flow.

Ключевые слова: *пламя, конвекция, микроманометр, трубка Пито–Прандтля, расход.*

Keywords: *flame, convection, micro manometer, Prandtl–Pitot tube, flow rate.*

Актуальность исследуемой проблемы. При диффузионном горении углеводородных топлив можно увидеть яркое свечение факела. Для осесимметричного пламени светящуюся поверхность можно представить в виде боковой поверхности конуса. Однако даже для таких пламен наблюдаются яркостные неоднородности. У основания конуса пламя по цвету синее, а с увеличением высоты цвет пламени меняется на красно-оранжевый. Вершина конуса имеет красный оттенок, и с нее начинается сажистый шлейф.

Свечение пламени объясняется излучением нагретых сажистых частиц [4], [7]. В диффузионном пламени из-за неполноты горения образуется углерод в виде ионов C_2. Ионы углерода склонны к объединению между собой. Так образуется поверхность, которая может увеличиваться в размерах. При увеличении концентрации окислителя частицы сажи могут частично выгорать. В сажевом шлейфе процессы изменения частиц прекращаются. Далее поток продуктов сгорания должен существовать почти без изменений.

Конвективные потоки продуктов сгорания увлекают за собой окружающий воздух [3]. По этой причине диффузионный режим горения пламени по высоте меняется. Скорости потока продуктов сгорания и окружающего воздуха малы. Определение скорости в восходящем потоке продуктов сгорания является сложной эксперимен-

тальной задачей [2], [5], [6], и в каждом эксперименте приходится решать новые задачи. Оценка расходов движущегося окружающего воздуха является целью настоящей работы.

Материал и методика исследований. Экспериментальная установка по измерению скорости потока состояла из сканирующей трубки Пито–Прандтля внешним диаметром 1,5 мм. Эта трубка пересекала поперечное сечение потока продуктов сгорания с определенной скоростью и через гибкие трубопроводы соединялась U-образным водяным манометром. Манометр (1), выполненный из оптического стекла с каналами прямоугольного сечения, установлен на стойке с микровинтом (2), позволяющим перемещать его в вертикальном направлении (рис. 1). Оптическая система (3) давала возможность получать четкое изображение мениска жидкости на экране (4) с определенным увеличением. Источник света (5) с конденсором (6) создавал равномерную освещенность всего экрана. В плоскости экрана фотосопротивление (7) располагалось таким образом, что темное изображение мениска жидкости (8) полностью перекрывало площадку (9) чувствительного элемента фотосопротивления. При изменении давления в манометре изображение мениска перемещалось таким образом, что площадь освещаемого фотосопротивления увеличилась. В целях увеличения помехоустойчивости оптический канал защищался темной трубкой.

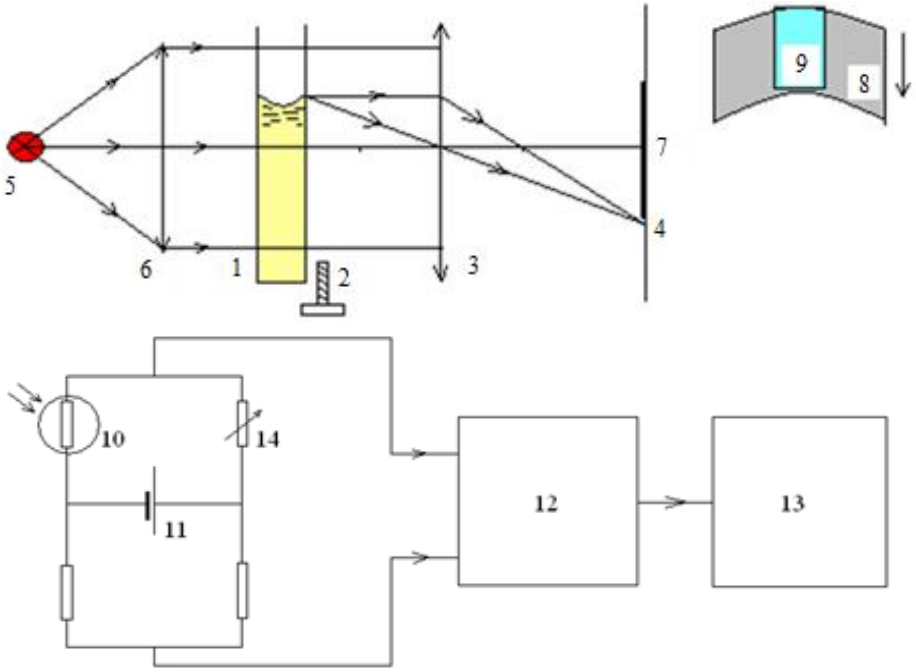


Рис. 1. ***Блок-схема экспериментальной установки***

Само фотосопротивление (10) включалось в одно из плеч моста Уитсона. Питание моста Уитсона осуществлялось через стабилизированный источник питания (11). Ток, текущий при разбалансировке моста, подавался с помощью цепочки резисторов на один из каналов аналого-цифрового преобразователя (АЦП) (12). Сигнал с АЦП через USB-

порт подавался на ПЭВМ (13). Микроконтроллер АЦП «опрашивал» состояние входного канала с интервалом 330 мкс. Изменяющийся во времени сигнал записывался и сохранялся как отдельный файл. Полученный массив обрабатывался с помощью программных средств, и экспериментальные данные представлялись в виде графиков. По оси ординат откладывалось значение тока разбалансировки моста, по оси абсцисс – координата трубки Пито–Прандтля.

Градуировка манометра производилась следующим образом. Путем перемещения манометра с помощью микровинта изображение мениска устанавливалось на край площадки чувствительного элемента фотосопротивления. При этом положении мост уравновешивался с помощью магазина сопротивлений (14). Далее с помощью микровинта перемещался манометр в вертикальном направлении так, что изображение мениска открывало доступ света на поверхность фотосопротивления. Цена деления микровинта составляла $2 \cdot 10^{-3}$ мм. Оптическое увеличение системы было 10 крат. Таким образом, манометр представлял собой чувствительный прибор с ценой деления АЦП $c = 4{,}2 \cdot 10^{-3}$ Па/дел. Если же, используя уравнение Бернулли, измерять скорость потока, то одно деление АЦП соответствовало скорости воздушного потока 7,97 см/с.

Результаты исследований и их обсуждение. В работе изучалось течение продуктов сгорания стеариновой свечки, горящей в свободно-конвективном режиме. Трубка Пито проносилась над поверхностью горения на определенной высоте. Для контроля возмущений потока датчиком производилось фотографирование процесса.

Экспериментальные результаты распределения скорости потока одного из сечений вдоль диаметра представлены на рис. 2. На первый взгляд, кажется, что распределение $v(x)$ подчиняется распределению скорости по Пуазейлю в цилиндрической трубе. Однако сравнение экспериментальных данных с расчетными показало сложный характер течений (рис. 3).

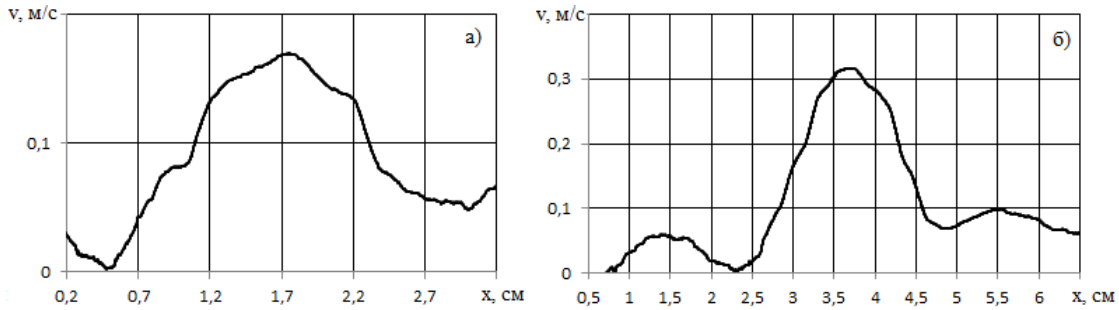


Рис. 2. ***Распределение скорости течений продуктов сгорания над поверхностью свечи в мм: а – 1; б – 55***

Во-первых, центральная часть потока характеризуется двухфазностью. В продуктах сгорания находятся частицы сажи. Оптическими методами установлено, что внешний диаметр светящего пламени равен 7,5 мм. Измерения потока показывают, что внешний конвективный поток воздуха состоит из двух коаксиальных потоков. Центральный воздушный поток имеет поперечные размеры 22 мм, а пограничный – 24 мм, но с меньшими значениями скорости.

Исходя из того, что течения потоков воздуха и продуктов сгорания вязкие, мы рассчитали расходы воздуха и продуктов сгорания. В расчетах плотность продуктов сгорания в зоне свечения бралась как плотность среды с температурой 1000 К. На высоте h = 1 мм над фитилем максимальная скорость потока равна 0,17 м/с. Объемный расход продуктов сгорания в этом сечении составляет 9,53 см^3/с, а массовый расход равен $4{,}1\cdot10^{-6}$ кг/с. Объемный расход конвективного потока воздуха равняется 22,76 см^3/с, а массовый – $29{,}36\cdot10^{-6}$ кг/с. Скорость потока в пограничном слое увеличивается от нуля до максимального значения 0,02 м/с почти по линейному закону. Объемный расход воздуха в пограничном слое равен 0,72 см^3/с, что составляет около 2,5 % расхода воздушной массы. Отношение массовых расходов воздуха и продуктов сгорания будет $\alpha = 7{,}16$. Уравнение зависимости нормированной скорости от относительного радиуса потока можно представить в виде

$$v / v_m = 1 - 1{,}33 r^2 / R^2.$$

Увлекаемый воздух вполне может участвовать в химических реакциях горения.

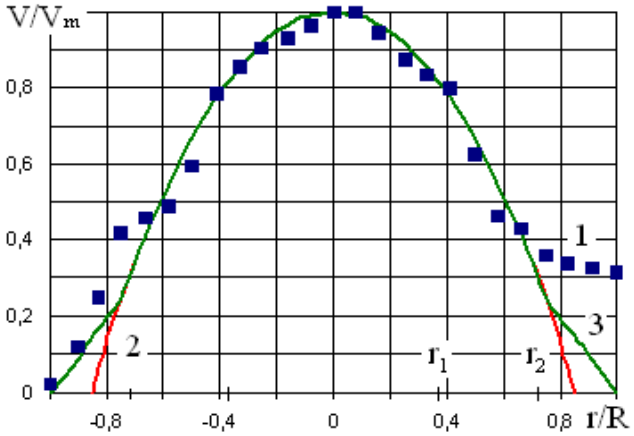


Рис. 3. ***Нормированные зависимости распределения скорости продуктов сгорания свечи по радиусу на высоте 1 мм:***
1 – экспериментальные значения; 2 – основной поток; 3 – пограничный поток.
Размеры светящей зоны пламени отмечены буквой r_1, теплового потока – r_2

Дополнительные исследования с применением теневого метода визуализации тепловых потоков в общем потоке показали, что регистрируемые прибором границы потока шире, чем границы теплового потока [1]. Границы теплового потока r_2 определяются явлениями теплопроводности в конвективном потоке.

На вершине пламени, где скорости химических реакций на несколько порядков ниже, конвективный воздушный поток и продукты сгорания представляют собой нейтральные потоки, обладающие разными температурными параметрами. На высоте h = 55 мм поперечные размеры потока почти такие же, как у основания пламени. Из графика видно, что максимальное значение скорости потока увеличилось до 0,317 м/с. На этом сечении увеличиваются также расходы как продуктов сгорания, так и конвективного потока воздуха. Объемный расход продуктов сгорания равен 19 см^3/с, а объемный расход воздуха – 33,82 см^3/с. Расход воздуха в пограничном слое составляет около 10 % от пото-

ка воздуха. Отношение массовых расходов воздуха и продуктов сгорания будет α = 5,34. Таким образом, на вершине факела, где достигается максимальная температура пламени, скорость потока значительно увеличивается, а также увеличивается и расход конвективного воздушного потока.

Использованный прием исследования структуры потоков может быть применен для изучения пламен более сложных систем, например, для пиротехнического пламени. Для пиротехнических составов со значительным отрицательным кислородным балансом вопрос об участии воздуха в горении встает более остро.

Резюме. Изучена структура потока продуктов сгорания стеариновой свечи с помощью чувствительного микроманометра с применением современных компьютерных технологий.

Выявлена сложная структура течения продуктов сгорания, где выделены границы двухфазного течения и конвективного потока воздуха. Расход пограничного слоя, существующего между невозмущенным воздухом и конвективным потоком, не превышает 10 % от общего расхода конвективного потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Абруков, С. А.* Теневые и интерференционные методы исследования оптических неоднородностей / С. А. Абруков. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 1962. – 84 с.

2. *Васильева, О. В.* Процессы сажеобразования в пламенах конденсированных систем на основе перхлората аммония и полибутадиенового каучука / О. В. Васильева, С. И. Ксенофонтов, Р. Р. Санатуллов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 21–28.

3. *Вулис, Л. А.* Основы теории газового факела / Л. А. Вулис, Ш. А. Ершин, Л. П. Ярин. – Л. : Энергия, 1968. – 204 с.

4. *Гейдон, А. Г.* Спектроскопия пламен / А. Г. Гейдон ; под ред. В. Н. Кондратьева. – М. : ИЛ, 1957. – 383 с.

5. *Ксенофонтов, С. И.* Измерение скорости двухфазного потока современными методами / С. И. Ксенофонтов, А. В. Егоров // Теория и методика обучения физике, математике и информатике в среднем и высшем профессиональных образовательных учреждениях : сб. мат. конф. : в 2 т. Т. 1 : Физика. Информатика. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2010. – С. 74–78.

6. *Ксенофонтов, С. И.* Измерение скорости потока продуктов горения конденсированных систем / С. И. Ксенофонтов, А. В. Егоров, О. В. Васильева // Электромеханические и внутрикамерные процессы в энергетических установках, струйная акустика и диагностика, приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий : мат. науч.-практ. конф. – Казань : Отечество, 2011. – С. 87–89.

7. *Теснер, П. А.* Образование углерода из углеводородов газовой фазы / П. А. Теснер. – М. : Химия, 1972. – 136 с.

УДК 547:547.233:548.737

КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ СТРУКТУРА МОНОГИДРАТА [{1-ГИДРОКСИЭТАН-1,1-ДИФОСФОНАТО(2-)}] ДИ(ДИЭТИЛАММОНИЯ)

CRYSTAL AND MOLECULAR STRUCTURE OF MONOHYDRATE [{1-HYDROXYETHANE-1.1-DIPHOSPHONATE(2-)}] DI(DIETHYLAMMONIUM)

М. А. Ершов[1], В. Г. Скворцов[2]

M. A. Ershov[1], V. G. Skvortsov[2]

[1]ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

[2]ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Проведены синтез и рентгеноструктурное исследование моногидрата [1-гидроксиэтилидендифосфонато(-2)] ди(диэтиламмония). Структура включает дианион H_3Oedph^{2-}, два катиона диэтиламмония и молекулу кристаллизационной воды.

Abstract. The article gives the synthesis and X-ray diffraction analysis of monohydrate [hydroxyethylidendiphosphonato (-2)] di(diethylammonium). The structure includes dianion H_3Oedph^{2-}, two cations of diethylammonium and crystallization water molecules.

Ключевые слова: *фосфорорганические комплексоны, оксиэтилидендифосфоновая кислота, молекулярная структура, кристаллическая структура.*

Keywords: *phosphorus organic complexes, oxyethilidendiphosphone acid, molecular complex structure, crystal structure.*

Актуальность исследуемой проблемы. В последние годы все большее значение приобретают исследования строения и свойств фосфорорганических комплексонов. Особое внимание привлекают комплексоны на основе 1-гидроксиэтилидендифосфоновой кислоты (H_4Oedph), содержащей при одном атоме углерода две кислые фосфоновые и основную гидроксильную группу. Такое сочетание функциональных групп обусловливает широкий диапазон комплексообразования с участием H_4Oedph.

Большинство структурных исследований соединений на основе 1-гидроксиэтилидендифосфновой кислоты было посвящено комплексам металлов [3], [6], [9], [10]. Только для анионной формы H_3Oedph^- были описаны комплексы с катионами NH_4^+ [7] и $(CH_3)_2NH_2^+$[8].

Нами проведен синтез и рентгеноструктурное исследование моногидрата [1-гидроксиэтилидендифосфонато(-2)] ди(диэтиламмония) (ДЭОК) который, как показали физиологические опыты, обладает биологической активностью [1], как и другие соединения, полученные на кафедре химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева [2], [11]. Цель настоящего исследования – выяснение влияния увеличения стерического объема катиона на геометрию дианиона H_2Oedph^{2-} в кристалле.

Материал и методика исследований. Соединение синтезировано нейтрализацией водного 0.1 М раствора оксиэтилидендифосфоновой кислоты (до pH=7) диэтиламином. Анализ полученных кристаллов на содержание P и N (16.73 и 7.56 %) соответствует молекулярной формуле $C_2H_6O_7P_2 \cdot 2(C_2H_5)_2NH_2 \cdot H_2O$. Азот определяли методом Кьельдаля, фосфор – фотоколориметрическим методом на КФК-2 при λ= 670 нм и толщине кювет 50 мм. Монокристаллы, пригодные для дифракционного эксперимента, получили медленным испарением реакционной смеси при температуре 25 °С. Рентгенодифракционный эксперимент для ДЭОК проведен при 24 °С на автоматическом 4-кружном дифрактометре «Siemens P3/PC» (MoKα-излучение, графитовый монохроматор, θ/2θ-сканирование, $2\theta_{max}$?50°). Кристаллы при указанной температуре моноклинные: a=12.633(2)Å, b=13.784(2)Å, c=22.440(4)Å, β=102.60(1)°, V=3813.4(2.0)$Å^3$, $d_{выч}$=1.290 г/$см^3$, μ=2.55$см^{-1}$, Z=4 (две независимые структурные единицы), пространственная группа $P2_1/c$.

Из общего числа 8101 измеренных отражений в дальнейших расчетах и уточнении использовано 6600 независимых рефлексов.

Структура расшифрована прямым методом и уточнена МНК в анизотропном полноматричном приближении, атомы водорода выявлены в разностных синтезах электронной плотности и включены в окончательное уточнение в изотропном приближении.

Кристаллическая структура ДЭОК имеет псевдо-С-центрированный характер (среднее значение I(hkl)/σ(I(hkl)) для отражений с h+k=2n и для отражений с h+k=2n+1 равно 12.2 и 5.0 соответственно). Преобразование координат атомов в группе $P2_1/c$ (-0.76+x,1.20+y,1+z) переводит их в группу C2/c (одна независимая молекула). Однако, уточнение структуры в группе C2/c привело к более высокому R-фактору (0.088), причем атомы водорода выявить не удалось, а длины связей P–O в фосфонатных группах оказались выровнены. Учитывая различия в H-связях и конформациях анионов в двух независимых молекулах в примитивной ячейке, а также большое количество нарушений C центрировки ячейки, в окончательных расчетах была выбрана группа $P2_1/c$.

Окончательные факторы расходимости в группе $P2_1/c$: R=0.0673 по 4685 отражениям с I>2σ(I), wR2=0.1592 и GOF=1.087 по всем отражениям. Все расчеты проведены на ЭВМ IBM-PC/AT по комплексу программ SHELXTL PLUS (версия 5). Координаты атомов и их тепловые параметры приведены в табл. 1, длины связей и валентные углы – в табл. 2.

Таблица 1

Координаты неводородных атомов (x10^4) структуры ДЭОК и их эквивалентные изотропные тепловые факторы (x10^3, Å^3)

Атом	x	y	z	U	Атом	x	y	z	U
P(1)	-8703(1)	16925(1)	11188(1)	34(1)	N(3)	-3636(3)	13588(3	9796(2)	43(1)
P(2)	-7411(1)	15114(1)	11601(1)	36(1)	N(4)	-11352(3)	11477(3)	10084(2)	51(1)
P(3)	-6311(1)	8059(1)	8925(1)	35(1)	C(1)	-8790(3)	15650(3)	11381(2)	31(1)
P(4)	-7671(1)	9814(1)	8435(1)	33(1)	C(2)	-9483(4)	15105(4)	10847(2)	52(1)
O(1)	-9784(2)	17418(2)	11093(1)	46(1)	C(3)	-6275(3)	9324(3)	8694(2)	33(1)
O(2)	-7982(3)	17380(2)	11791(1)	47(1)	C(4)	-5629(4)	9933(4)	9219(2)	57(1)
O(3)	-8153(2)	16995(2)	10664(1)	46(1)	C(5)	-10805(5)	10659(5)	7762(3)	90(2)
O(4)	-7554(3)	14149(2)	11962(2)	47(1)	C(6)	-10324(4)	11470(5)	7464(2)	68(2)
O(5)	-6989(3)	14816(3)	11059(1)	55(1)	C(7)	-8969(4)	12818(4)	7661(2)	58(1)
O(6)	-6752(2)	15835(2)	12035(1)	41(1)	C(8)	-8144(5)	13305(4)	8151(3)	75(2)
O(7)	-9329(2)	15555(2)	11878(1)	40(1)	C(9)	-4203(5)	14506(5)	12083(3)	82(2)
O(8)	-5209(2)	7605(2)	9033(1)	49(1)	C(10)	-4658(4)	13690(4)	12385(2)	65(2)
O(9)	-6861(2)	7999(2)	9452(1)	46(1)	C(11)	-5961(5)	12302(4)	12210(2)	64(2)
O(10)	-7000(3)	7541(3)	8333(2)	50(1)	C(12)	-6759(5)	11761(5)	11737(3)	77(2)
O(11)	-8351(2)	9023(2)	8084(1)	39(1)	C(13)	-2497(5)	14547(5)	10598(3)	89(2)
O(12)	-7642(2)	10758(2)	8103(1)	40(1)	C(14)	-3594(4)	14421(4)	10212(2)	58(1)
O(13)	-8098(3)	10013(3)	9037(1)	48(1)	C(15)	-4711(4)	13465(5)	9383(2)	64(2)
O(14)	-5709(2)	9409(3)	8210(1)	46(1)	C(16)	-4722(5)	12636(6)	8975(3)	100(2)
O(1W)	-8257(4)	11766(3)	9509(2)	66(1)	C(17)	-12488(7)	10512(6)	9286(4)	114(3)
O(2W)	-3179(4	6908(4)	9705(2)	76(1)	C(18)	-11402(6)	10621(4)	9679(3)	76(2)
N(1)	-9461(3)	11972(3)	7909(2)	43(1)	C(19)	-10280(5)	11569(5)	10499(3)	82(2)
N(2)	-5480(3)	13128(3)	11941(2)	48(1)	C(20)	-10226(6)	12416(7)	10852(4)	119(3)

Таблица 2

Длины связей d (Å) в структуре ДЭОК

Дианион (А)		Дианион (Б)	
Связь	d, Å	Связь	d, Å
P(1)–O(3)	1.494(3)	P(3)–O(8)	1.498(3)
P(1)–O(1)	1.499(3)	P(3)–O(9)	1.498(3)
P(1)–O(2)	1.586(3)	P(3)–O(10)	1.589(3)
P(1)–C(1)	1.820(4)	P(3)–C(3)	1.822(4)
P(2)–O(5)	1.490(3)	P(4)–O(11)	1.501(3)
P(2)–O(6)	1.508(3)	P(4)–O(12)	1.503(3)
P(2)–O(4)	1.587(3)	P(4)–O(13)	1.583(3)
P(2)–C(1)	1.858(4)	P(4)–C(3)	1.860(4)
O(7)–C(1)	1.434(4)	O(14)–C(3)	1.431(5)
N(1)–C(6)	1.480(6)	N(3)–C(14)	1.473(6)
N(1)–C(7)	1.486(6)	N(3)–C(15)	1.478(6)
N(2)–C(11)	1.479(7)	N(4)–C(19)	1.472(7)
N(2)–C(10)	1.489(6)	N(4)–C(18)	1.483(7)
C(1)–C(2)	1.519(5)	C(11)–C(12)	1.495(8)
C(3)–C(4)	1.529(6)	C(13)–C(14)	1.476(8)
C(5)–C(6)	1.497(9)	C(15)–C(16)	1.462(9)
C(7)–C(8)	1.498(8)	C(17)–C(18)	1.47(1)
C(9)–C(10)	1.492(8)	C(19)–C(20)	1.403(9)

Результаты исследований и их обсуждение. Проведенное исследование показало, что в кристалле соединение ДЭОК имеет следующий состав: дианион $[C(OH)(CH_3)(PO_3H)^{2-}]$ (H_2Oedph^{2-}), два катиона диэтиламмония и молекула воды (две независимые структурные единицы в элементарной ячейке кристалла) (рис. 1).

Длины связей и валентные углы в двух независимых дианионах имеют близкие значения (табл. 2, 3), но система, межмолекулярных водородных связей, образуемая ими, различна.

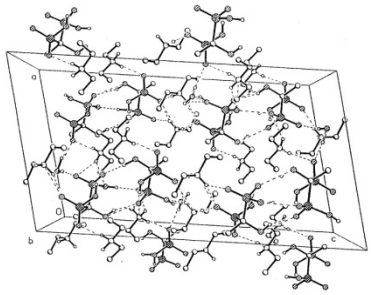


Рис. 1. ***Кристаллическая структура моногидрата [{1-гидроксиэтан-1,1-дифосфонато (2-)}] ди(диэтиламмония)***

Таблица 3

Валентные углы ω (град) в структуре ДЭОК

Дианион (А)		**Дианион (Б)**	
Угол	**ω, град**	Угол	**ω, град**
O(3)–P(1)–O(1)	115.1(2)	O(8)–P(3)–O(9)	115.1(2)
O(3)–P(1)–O(2)	111.6(2)	O(8)–P(3)–O(10)	105.5(2)
O(1)–P(1)–O(2)	106.1(2)	O(9)–P(3)–O(10)	111.8(2)
O(3)–P(1)–C(1)	108.2(2)	O(8)–P(3)–C(3)	111.4(2)
O(1)–P(1)–C(1)	111.8(2)	O(9)–P(3)–C(3)	108.7(2)
O(2)–P(1)–C(1)	103.5(2)	O(10)–P(3)–C(3)	103.6(2)
O(5)–P(2)–O(6)	117.7(2)	O(11)–P(4)–O(12)	116.2(2)
O(5)–P(2)–O(4)	106.6(2)	O(11)–P(4) O(13)	108.1(2)
O(6)–P(2)–O(4)	109.3(2)	O(12)–P(4)–O(13)	108.8(2)
O(5)–P(2)–C(1)	112.0(2)	O(11)–P(4)–C(3)	107.2(2)
O(6)–P(2)–C(1)	105.3(2)	O(12)–P(4)–C(3)	110.2(2)
O(4)–P(2)–C(1)	105.3(2)	O(13)–P(4)–C(3)	105.8(2)
O(7)–C(1)–C(2)	106.3(3)	O(14)–C(3)–C(4)	105.6(3)
O(7)–C(1)–P(1)	109.7(3)	O(14)–C(3)–P(3)	110.0(3)
C(2)–C(1)–P(1)	110.2(3)	C(4)–C(3)–P(3)	110.4(3)
O(7)–C(1)–P(2)	109.5(2)	O(14)–C(3)–P(4)	109.2(3)
C(2)–C(1)–P(2)	111.0(3)	C(4)–C(3)–P(4)	110.6(3)
P(1)–C(1)–P(2)	110.2(2)	P(3)–C(3)–P(4)	110.9(2)
C(6)–N(1)–C(7)	114.9(4)	C(14)–N(3)–C(15)	112.8(4)
C(11)–N(2)–C(10)	114.5(4)	C(19)–N(4)–C(18)	111.5(5)
N(1)–C(6)–C(5)	111.0(5)	N(3)–C(14)–C(13)	111.2(4)
N(1)–C(7)–C(8)	111.0(4)	C(16)–C(15)–N(3)	111.4(5)
N(2)–C(10)–C(9)	111.7(5)	C(17)–C(18)–N(4)	111.1(5)
N(2)–C(11)–C(12)	111.6(4)	C(20)–C(19)–N(4)	110.7(6)

Все фосфонатные группы в ДЭОК (рис. 2) монопротонированы. Средняя длина связи P–OH (P(1)–O(2), P(2)–O(4) в дианионе (А) и P(3)–O(10), P(4)–O(13) в (Б)) равна 1.586(3)Å и близка к аналогичным в $[CaH_2Oedph]\cdot 2H_2O$ [10] (1.593(3)Å) и $[Na_2H_2Oedph]\cdot 2H_2O$ [9] (1.580(2)Å), а также к длине связи P–OH в фосфонатной группе в $[NH_2(CH_3)_2H_3Oedph]\cdot H_2O$ (1.583(2)Å) [8]. Следует отметить, что длины связей P–OH в фосфоновых группах, независимо от силы образуемых OH-группами водородных связей, систематически короче. Так, например, в $H_4Oedph\cdot H_2O$ длина P–OH (в зависимости от силы H-связей) варьируется в интервале 1.530(2)–1.550(2)Å) [11].

Значения длин связей P(1)–O(1), P(1)–O(3), P(2)–O(5), P(2)–O(6) и P(3)–O(8), P(3)–O(9), P(4)–O(11), P(4)–O(12) близки к ожидаемым для $P \overset{\cdots}{—} O^{\delta-}$ групп [7] и лежат в интервале 1.490(3)–1.508(3)Å. Незначительные отличия в длинах связей $P \overset{\cdots}{—} O^{\delta-}$, по-видимому, зависят от образования H-связей. Так, группа P(2)–O(5) (1.490(3)Å) участвует в слабой водородной связи O(2W)–H(2WB)···O(5) (-1-x, 2-y, 2-z) (O···O 2.964(4)Å), а группа P(2)-O(6) (1.508(3)Å) – в сильной и средней: O(2)-H(2)···O(6) и O(14)–H(14)···O(6) (x, 5/2-y, 1/2+z) (O···O расстояния равны 2.622(3)Å и 2.698(3)Å соответственно).

Атомы фосфора характеризуются незначительно искаженной тетраэдрической координацией, валентные углы при атомах P(1), P(2), P(3) и P(4) варьируются в интервале 103.6(2)°-116.2(2)°. Следует отметить, что наибольшие значения наблюдаются для углов типа "$O^{\delta-} \overset{\cdots}{—} P \overset{\cdots}{—} O^{\delta-}$" (табл. 3), что, возможно, обусловлено отталкиванием атомов кислорода, несущих отрицательный заряд.

В отличие от ранее исследованных соединений в дианионах H_2Oedph^{2-} (рис.3) образуются сильные внутримолекулярные водородные связи O(2)–H(2)···O(6) в дианионе (А) и O(10)–H(10)...O(11) – в (Б) (№1, 4 в табл. 4) с замыканием шестичленного H-связанного цикла (рис. 1). В (А) данный цикл имеет конформацию, близкую к софе, с отклонением из средней плоскости цикла атома C(1) на 0.81Å, а в (Б) – конформацию полукресла с отклонением атомов C(3) и O(11) на 0.81Å и 0.34 Å соответственно. Следует отметить, что в ДЭОК углы P(1)C(1)P(2) и P(3)C(3)P(4) (110.2(2)° и 110.9(2)°) незначительно уменьшены по сравнению с аналогичными величинами в структурах $H_4Oedph\cdot H_2O$ (115.2(1)°) [11] и в $[CaH_2Oedph]\cdot 2H_20$ (113.7(3)°). По всей видимости, наблюдаемое сокращение углов связано с образованием в дианионах описанных выше сильных H-связей.

Отметим, что взаимное расположение OH и P–OH групп, не участвующих в образовании внутримолекулярных водородных связей, в двух независимых молекулах различно. В дианионе кислоты (А) группы P(2)–O(4)H(4) и O(7)H(7) имеют псевдоцис-конформацию вдоль направления P(1)···P(2), а в (Б) группы P(4)–O(13)H(13) и O(14)H(14) – псевдотранс-конформацию вдоль направления P(3)···P(4) (рис.1). Торсионные углы O(4)P(4)C(1)O(7) и O(14)C(3)P(4)O(13) соответственно равны 40.17° и 162.0°. В результате различий в взаимной ориентации OH и POH групп в двух независимых молекулах система H-связей у атомов O(7) и O(14) отличается. Группа P(2)O(4)H(4) участвует в образовании H-связанного A...B' H-димера (см. ниже), а образует H-связь P(4)O(13)H(13) с сольватной молекулой воды (табл. 4). Анализ литературных данных показал, что ранее в структурах соедине-

ний1–гидроксиэтилидендифосфновой кислоты в кристаллах не наблюдалось наличия разных конформеров. Возможно, присутствие при росте кристаллов в растворе катионов диэтиламмония приводит к выравниванию энергии двух конформеров и понижению энергии барьера вращения вокруг связей P–C.

Таблица 4

Геометрические параметры водородных связей в структуре ДЭОК

A–H···B	Позиция атома B	d , Å			Угол A-H···B, град
		A–H	H···B	A···B	
O(2)–H(2)···O(6)	x,y,z	0.82(3)	1.82(3)	2.622(3)	164(1)
O(4)–H(4)···O(12)	x,5/2-y,1/2+Z	0.85(3)	1.75(3)	2.592(3)	169(1)
O(7)–H(7)···O(11)	x,5/2-y,1/2+Z	0.74(3)	2.07(3)	2.779(4)	159(1)
O(10)–H(10)···O(11)	x,y,z	0.74(3)	1.91(3)	2.643(3)	166(1)
O(13)–H(13)···O(1W)	x,y,z	0.81(3)	1.87(3)	2.665(3)	162(1)
O(14)–H(14)···O(6)	x,5/2-y,1/2+Z	0.77(3)	1.95(3)	2.698(4)	164(1)
N(1)–H(1NA)···O(1)	-2-x,3-y,2-z	0.84(3)	1.91(3)	2.749(4)	176(1)
N(1)–H(1NB)···O(12)	x,y,z	1.03(3)	1.82(3)	2.799(4)	158(1)
N(2)–H(2Na)···O(4)	x,y,z	0.93(3)	2.23(3)	2.984(4)	137(1)
N(2)–H(2NB)···O(8)	-1-x,2-y,2-z	0.85(3)	1.86(3)	2.715(4)	173(1)
N(3)–H(3Na)···O(3)	-1-x,3-y,2-z	0.79(3)	2.12(3)	2.800(4)	145(1)
N(3)–H(3NB)···O(9)	-1-x,2-y,2-z	1.03(3)	1.73(3)	2.750(4)	171(1)
N(4)–H(4NA)···O(3)	-2-x,3-y,2-z	0.99(3)	1.69(3)	2.681(4)	174(1)
N(4)–H(4NB)···O(9)	-2-x,2-y,2-z	0.80(3)	2.04(3)	2.780(4)	153(1)
O(1W)–H(1WA)···O(1)	-2-x,3-y,2-z	0.66(3)	2.16(3)	2.786(4)	159(1)
O(1W)–H(1WB)···O(2W)	-1-x,2-y,2-z	1.05(3)	1.84(2)	2.888(4)	174(1)
O(2W)–H(2WA)···O(8)	x,y,z	0.76(3)	2.13(3)	2.843(4)	157(1)
O(2W)–H(2WB)···O(5)	-1-x,2-y,2-z	0.97(2)	2.01(3)	2.964(4)	164(1)

*Сумма ван-дер-ваальсовых радиусов для O...H и N...H согласно [2] равны 2.45Å и 2.64 Å.

Фрагменты O(1)P(1)C(1)P(2)O(4) и O(8)P(3)C(3)P(4)O(12) в ДЭОК имеют обычную для гем-дифосфоновых кислот практически плоскую W-образную конфигурацию: значения торсионных углов O(4)P(2)C(1)P(1), O(1)P(1)C(1)P(2) равны 161.6° и 172°, а O(8)P(3)C(3)P(4) и O(12)P(4)C(3)P(3) – 170.3° и 165.6°. Взаимная ориентация фосфонатных групп близка к заслоненной (рис. 2). Торсионные углы вдоль направлений P(1)···P(2) и P(3)···P(4) варьируются в интервале 6.0°–18.1°.

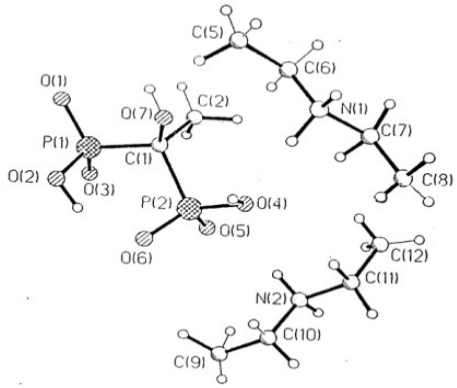


Рис. 2. ***Молекулярная структура моногидрата [{1-гидроксиэтан-1,1-дифосфонато(2-)}] ди(диэтиламмония)***

Длина связей P–C в двух независимых молекулах различны: (P(1)–C(1) и P(3)–C(3) равны 1.820(4)Å, 1.822(4)Å, а P(2)–C(1) и P(4)–C(3) равны 1.860(4)Å и 1.862(4)Å). Аналогичная картина наблюдается и в кристаллической структуре $[CaH_2Oedph]\cdot 2H_20$ (1.8215(6)Å и 1.857(6)Å). В структуре $[NH_2(CH_3)_2H_3Oedph]\cdot H_2O$, несмотря на различия в природе двух кислотных групп (фосфоновая и фосфонатная), длина связей P–C равна 1.842(2)Å. Следует отметить, что данная величина является средним арифметическим длин связей P–C в дианионах ДЭОК.

Величины длины связей N^+–C в катионах диэтиламмония варьируются в интервале 1.473(6)–1.489(6)Å.

Анализ кристаллической упаковки ДЭОК показал, что дианионы (А) и (Б) в кристалле объединяются межмолекулярными водородными связями (№ 2, 3 и 6 в табл. 4) в H-связанный димер А···Б’ (x, 5/2-y, 1/2-z) (рис. 3). Образуемые А···Б’ H-димерами вилочные водородные связи с диэтиламмониевыми катионами (N(3)H(3NA) ···O(3)’, N(4)H(4NA)···O(3)’ и N(3)(H3NB)···O(9)”, N(4)H(4NB)···O(9)” (№12–14 в табл. 3) соединяют их в зигзагообразные анион-катионные цепи, вытянутые вдоль оси Z. Сольватные молекулы воды объединяют А···Б’ H-димеры водородными связями в цепи А···Б’···O(2W)···O(1W) ···А···Б’ (№15–18 в табл. 3), вытянутые вдоль оси X, а H-связи O(13) –H(13)···O(1W) «сшивают» их (№5 в табл. 3) в ленты.

В результате пересекающиеся цепи А···Б’···N(3)···N(4)···А···Б’ и ленты А···Б’···O(2W) ···O(1W···А···Б’, а также водородные связи, образуемые атомами N(2) и N(1) диэтиламмониевых катионов (№ 7–10 в табл. 4), дополнительно «сшивающие» ленты и цепи, образуют трехмерный каркас H-связанных молекул (рис. 3).

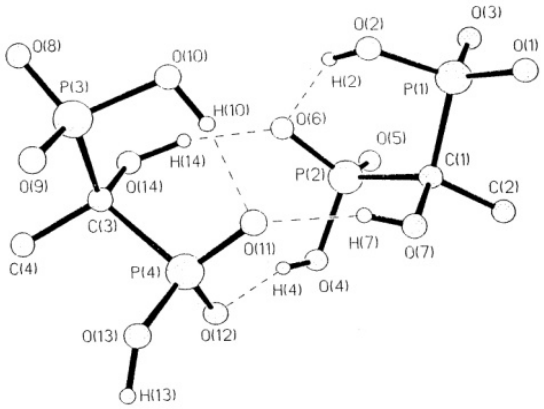


Рис. 3. ***Димерный цикл структуры моногидрата [{1-гидроксиэтан-1,1-дифосфонато(2-)}] ди(диэтиламмония)***

Резюме. Проведен синтез и рентгеноструктурное исследование моногидрата [1-гидроксиэтилидендифосфонато(-2)] ди(диэтиламмония). Проведенное исследование показало, что в кристалле соединение ДЭОК имеет следующий состав: дианион $[C(OH)(CH_3)(PO_3H)^{2-}]$ (H_2Oedph^{2-}), два катиона диэтиламмония и молекулу воды (две независимые структурные единицы в элементарной ячейке кристалла). Анализ упаковки молекул в кристалле показал, что диэтиламмониевые катионы имеют различные функции: образование анион-катионных цепей и «сшивание» цепей и лент, образуемых анионами и сольватными молекулами воды в трехмерный H-связанный каркас.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ершов, М. А.* Взаимодействие борной и сульфаминовой кислот, бората меди с некоторыми фосфор- и азотсодержащими спиртами : автореф. дис. … канд. хим. наук : 02.00.01 / М. А. Ершов. – М., 1995. – 23 с.

2. *Зефиров, Ю. В.* Новые применения ван-дер-ваальсовых радиусов в химии / Ю. В. Зефиров, П. М. Зоркий // Успехи химии. – 1995. – Т. 64. – № 5. – С. 446–461.

3. *Сергиенко, В. С.* Синтез, кристаллическая и молекулярная структура калиевой соли диоксокомплекса молибдена (VI) с анионом ОЭДФК $K_6[Mo_2L_2]12H_2O$ / В. С. Сергиенко и др. // Журнал неорганической химии. – 1993. – Т. 38. – № 8. – С. 1311.

4. *Скворцов, В. Г.* Синтез дигидраттетрааквабисмалондиамидсульфата меди (II), его структура и свойства / В. Г. Скворцов, М. А. Ершов, О. В. Кольцова, Ю. Ю. Пыльчикова, А. Ю. Леонтьева // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (72). – Ч. 1. – С. 102–108.

5. *Цыпленкова, А. Ю.* Исследование взаимодействия янтарной кислоты с моноэтаноламином / А. Ю. Цыпленкова, В. Г. Скворцов, О. В. Кольцова, Ю. Ю. Пыльчикова, М. А. Ершов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 179–182.

6. *Школьникова, Л. М.* Кристаллическая и молекулярная структура дигидрата [1-оксиэтилидендифосфонато(1-) рубидия] и дигидрата [1-оксиэтилидендифосфонато(1-)]цезия / Л. М. Школьникова, А. А. Масюк, Г. В. Полянчук // Координационная химия. – 1989. – Т. 15. – № 6. – С. 747–756.

7. *Школьникова, Л. М.* Кристаллическая и молекулярная структура дигидрата [1-оксиэтилидендифосфоната (1-)] калия и дигидрата [1-оксиэтилидендифосфонато (1-)] аммония / Л. М. Школьникова, А. А. Масюк, Г. В. Полянчук // Координационная химия. – 1989. – Т. 15. – № 4. – С. 486–495.

8. *Школьникова, Л. М.* Рентгеноструктурное исследование аммонийной соли ОЭДФ (I-III) $(NH_2Me_2)(H_3L)H_2O$ / Л. М. Школьникова, С. С. Сотман, Е. Г. Афонин // Кристаллография. – 1991. – Т. 36. – Вып. 1. – С. 77–84.

9. *Barnett, B. L.* The Crystal and Ilar Structures of $[Na_2(H_2Oedph)(H_2O)_2]2H_2O$ / B. L. Barnett, C. C. Stricland // Acta Crystallogr. – 1979. – V. 35B. – № 5. – P. 1212.

10. *Uchtman, V. A.* The Crystal and Ilar Structures of Calcium Dihydrogen Ethane-1-hydroxy-1,1-diphosphonate rate / V. A. Uchtman // Phys. Chem. – 1972. – V. 76. – P. 1304.

11. *Uchtman, V. A.* The Crystal and Ilar Structures of Ethane-1-hydroxy-1,1-diphosphonate rate / V. A. Uchtman // J. Phys. Chem. – 1972. – V. 76. – P. 1298.

УДК 637.02я73

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИРОСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ

TECHNOLOGY OF FAT-CONTAINING RAW MATERIALS

И. Г. Ершова, М. Г. Сорокина, О. В. Михайлова

I. G. Ershova, M. G. Sorokina, O. V. Mikhaylova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье приведена технология термообработки жиросодержащего сырья в ходе его измельчения с использованием СВЧ-энергоподвода и описана установка для реализации данного процесса в поточном режиме.

Abstract. The article contains the technology of heat treatment of fat-containing raw material during the grinding process using superhigh frequency installation. It also describes the installation for implementing this process within the flow operation.

Ключевые слова: *технология вытопки жира, сверхвысокочастотная установка, жиросодержащее сырье, мясо-костное сырье, костный жир, нагнетательный шнек, вальцовая дробилка.*

Keywords: *rendering technology, superhigh frequency installation, fat-containing raw materials, raw of meat and bone, bone fat, delivery auger, roller crusher.*

Актуальность исследуемой проблемы. При переработке жиросодержащего сырья недостатком для сельхозпроизводителей являются большие затраты электроэнергии, воды и пара. При переработке такого сырья образуется большое количество газов с неприятным запахом. Поэтому разработка технологии и технического устройства для переработки жиросодержащего сырья при сниженных энергетических затратах с использованием энергии электромагнитных излучений актуальна, так как костный жир широко используется в комбикормовой промышленности.

Материал и методика исследований. Известно, что костный жир – это смесь различных животных жиров, извлекаемых из трубчатых и губчатых костей свиней и крупного рогатого скота. По органолептическим показателям он напоминает топленое коровье масло. Костный жир высшего сорта получают из свежих костей, освобожденных от остатков мяса, хрящей и сухожилий, сельскохозяйственных животных, низшего сорта – путем вываривания из костных остатков.

Экспериментальные исследования проводились в лабораторных условиях в Чувашской государственной сельскохозяйственной академии и в производственных условиях на мясоперерабатывающих предприятиях в соответствии с действующими ГОСТ, ОСТ и разработанными нами частными методиками. Математические расчеты, анализ и обработку результатов исследований осуществляли с применением методов регрессионного анализа, а также математической статистики. В теоретических исследо-

ваниях применены основы теорий электромагнитного поля, массо- и теплопереноса, прессования и формования пластических материалов, планирования многофакторного эксперимента.

Результаты исследований и их обсуждение. Целью настоящей работы является повышение эффективности функционирования оборудования для обработки жиросодержащего сырья путем сочетания технологических процессов его измельчения и термообработки с воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) с последующим формованием костного остатка.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие научные задачи:

1) разработать методику воздействия электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на жиросодержащее сырье в шнековой камере – объемном резонаторе для повышения эффективности функционирования установки;

2) составить алгоритм расчета, позволяющий обосновать конструкционные параметры и режимы работы СВЧ-установки для термообработки жиросодержащего сырья;

3) разработать и апробировать в производственных условиях установку для термообработки жиросодержащего сырья;

4) оценить технико-экономическую эффективность применения установки для производства костного жира и костного остатка воздействием ЭМП СВЧ (табл. 1).

Объектом исследования является технологический процесс формования костного остатка и вытопки костного жира при воздействии ЭМП СВЧ.

Предметом исследования является определение закономерностей термообработки жиросодержащего сырья при воздействии ЭМП СВЧ в объемном резонаторе – шнековой камере.

Традиционная операционно-технологическая схема переработки жиросодержащего сырья следующая:

1) измельчение твердого хрупкого сырья (мясокостного сырья, шквары) резанием или дроблением. Мягкие жиросодержащие материалы измельчают резанием на мясорезательных машинах-волчках. Мясо-костное сырье измельчают с помощью волчка-дробилки или с помощью силовых измельчителей;

2) тепловая обработка. Для извлечения жира из мясо-костного сырья используют гидромеханическую, электроимпульсную обработку. Чтобы извлечь жир, необходимо разрушить белковую структуру, перевести его в свободную фазу и затем удалить. В настоящее время наибольшее распространение имеет тепловая обработка, при которой применяют конвективный и кондуктивный методы подвода теплоты. Режимы тепловой обработки зависят от вида и состава сырья. Жировое сырье и пищевую кость обрабатывают с целью вытопки жира при атмосферном давлении и температуре 90 ºС (мягкое сырье) и до 100 ºС (кость). Качество готовой продукции зависит от температуры и продолжительности ее воздействия. При тепловой обработке применяют котлы, автоклавы и аппараты непрерывного действия, а также комбинированные агрегаты, совмещающие процессы тепловой обработки и измельчения [2].

Существующие аппараты имеют ряд недостатков. Из-за длительной (до 4 ч) продолжительности процессов тепловой обработки ухудшается качество вытопленного жира. Кроме того, при хранении продукта при комнатной температуре происходят быстрый рост бактериальной обсемененности и другие виды порчи, что неблагоприятно сказывается на качестве продукта. Появляется опасность загрязнения окружающей среды.

Интенсификация процессов вытопки жира из кости имеет свои особенности. Кость представляет собой анизотропно-структурированную твердую ткань, в порах и капиллярах которой находятся клетки костного жира. Для выделения жира вначале необходимо разрушить клеточную структуру, перевести жир в свободное состояние, затем жир должен диффундировать к поверхности кости. Размер кусков измельченной кости должен составлять 20…40 мм. Интенсификация внешнего переноса жира происходит при динамических воздействиях (вибрационных, гидромеханических, электроимпульсных). Различают гидромеханический и электроимпульсный способы извлечения жира из кости. Последний способ реализуется в аппарате, работающем при высоком напряжении (30…60 кВ), и расход электроэнергии на переработку жиросодержащего сырья достаточно высокий.

Гидромеханический способ извлечения жира из кости основан на динамическом, ударно-импульсном разрушении жировых клеток и удалении жира. Импульсы возникают при движении молотков, вращающихся в цилиндрическом корпусе. Процесс проводят в воде при температуре 25 ^{o}С. Измельченный жир поступает в шнековый плавительный аппарат с высоким энергопотреблением. Недостатком такого аппарата также можно считать, что дополнительно используется вода.

С учетом объема свиней и КРС (795 т/год) на убой в живом весе в одном мясокомбинате средней мощности (2120 т/год) общий объем жиросодержащего сырья, подлежащего переработке, составляет 320…350 т/год. Следовательно, проектируемая установка должна обладать производительностью 200 кг/ч.

Предлагаемая установка для термообработки жиросодержащего сырья состоит из четырех основных модулей: 1 модуль обеспечивает термообработку сырья в резонаторной камере за счет СВЧ-генератора, 2 модуль – измельчение жиросодержащего сырья за счет вальцовой дробилки, 3 модуль – фильтрацию вытопленного жира от костного остатка, 4 модуль – нагнетание и формование в виде гранул костного остатка за счет шнека и режущих механизмов.

Источник СВЧ-энергии находится над корпусом резонаторной камеры [3]. Поперечное сечение резонаторной камеры выполнено в виде трапеции, но вместо нижнего основания приварен цилиндр с продольным вырезом. В цилиндре расположен шнек-нагнетатель из неферромагнитного материала. На вал шнека-нагнетателя насажена формующая головка, состоящая из прижимного устройства, матрицы с формующей решеткой. Шнек-нагнетатель расположен вдоль цилиндрической камеры, являющейся стороной резонаторной камеры. Вал шнека-нагнетателя насажен на привод. Витки шнека-нагнетателя перекрывают продольный вырез цилиндрической камеры. На боковой стороне резонаторной камеры имеется отверстие для монтажа измельчающего механизма с прижимным устройством. Измельчающий механизм состоит из решетки из неферромагнитного материала и ножей. Подающий шнек расположен в корпусе, содержащем приемную емкость.

Установка работает в непрерывном режиме, обеспечивая параллельное автоматическое измельчение жиросодержащего сырья и экструзию. Матрицы позволяют измельчать кости в муку с регулируемым размером крупиц.

Конструктивные особенности разработанной установки позволяют осуществлять такие процессы, как измельчение жиросодержащего сырья, вытопка жира за счет эндогенного нагрева, разделение на две фракции: костную муку и вытопленный жир [1].

Все части машины, имеющие непосредственный контакт с продуктом, изготовлены из нержавеющего материала, разрешенного к применению. Высокая надежность, простота монтажа, эксплуатации и обслуживания, низкие удельные затраты электроэнергии обеспечивают высокую эффективность и рентабельность производства [4], [5].

Таблица 1

Техническая характеристика установки

Показатели	**Значения**
Производительность, кг/ч	30…35
Мощность нагнетательного шнека, кВт	1,5
Мощность вальцового измельчителя, кВт	1,5
Мощность СВЧ-генератора, кВт	1,2
Энергетические затраты, кВт·ч/кг	0,14
Электропитание, 3 фазы	380 В, 50 Гц
Габариты, мм	1360x1000x680
Масса, кг	190

Резюме. Качество готовых продукций зависит от совместного действия двух факторов: температуры эндогенного нагрева и дозы воздействия ЭМП СВЧ.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белова, М. В.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Д. В. Поручиков, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.

2. *Ивашов, В. И.* Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 1. Оборудование для убоя и первичной обработки / В. И. Ивашов. – М. : Колос, 2001. – 552 с.

3. *Пономарев, А. Н.* Зависимость мощности потерь СВЧ-энергии от напряженности электрического поля / А. Н. Пономарев, М. В. Белова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2011. – № 2 (70). Ч. 1. – С. 119–122.

4. *Уездный, Н. Т.* Технология выпечки хлебобулочных изделий диэлектрическим нагревом / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 163–166.

5. *Уездный, Н. Т.* Экономическая эффективность применения СВЧ-установки для выпечки хлебобулочных изделий / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова, О. В. Науменко, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 167–170.

УДК 621.74

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТАЛЛОФОСФАТНЫХ СМЕСЕЙ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

PERSPECTIVES OF APPLICATION OF METAL PHOSPHATE COMPOUNDS IN FOUNDRY INDUSTRY

И. Е. Илларионов, А. Ф. Журавлев

I. E. Illarionov, A. F. Zhuravlev

Чебоксарский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Московский государственный открытый университет им. В. С. Черномырдина», г. Чебоксары

Аннотация. Рассмотрены некоторые особенности применения металлофосфатных связующих и смесей и принципы управления их свойствами для получения отливок из черных и цветных металлов и сплавов.

Abstract. The article considers some features of metal phosphate binds and compounds and principles for changing their properties to get ferrous and non-ferrous metals and alloys.

Ключевые слова: *технологический процесс, холоднотвердеющие смеси, металлофосфатные связующие и смеси, трепел, отходы металлургического производства, теплоизоляционные покрытия, отливки.*

Keywords: *technological process, cold-hardening compounds, metal phosphate binds and compounds, tripoli, metal production waste, heat-insulating coating, casting.*

Актуальность исследуемой проблемы. В настоящее время для получения холоднотвердеющих смесей используются синтетические связующие материалы и катализаторы их отверждения, которые обладают высокой токсичностью, высокой стоимостью и малым сроком хранения. Однако в процессе приготовления смесей, формообразования, отверждения, выдержки, заливки, выбивки и охлаждения они выделяют высокотоксичные, канцерогенные вещества, отравляют окружающую среду (водный и воздушный бассейн), требуют установления специальной вытяжной вентиляции и 10–15-кратного обмена воздуха, а также обезвреживания или сжигания отходов производства отливок [1]. В связи с этим в работе рассматриваются вопросы разработки и применения металлофосфатных связующих и смесей для получения отливок из черных и цветных металлов и сплавов.

Следует отметить, что при производстве отливок в литейном производстве около 30 % (иногда значительно выше) жидкого металла расходуется на прибыли, предназначенные для питания отливок в процессе кристаллизации и служащие для устранения в отливках усадочных раковин и пористости. При этом нормальная работа прибыли достигается за счет увеличения ее массы, что снижает выход годного литья.

Известны методы уменьшения массы прибылей: применением газового и воздушного давления, электрообогрева, экзотермических смесей или вставок из них. Но данные методы не получили широкого распространения ввиду сложности технологической подготовки и значительных трудовых и материальных затрат. Теплоизоляция прибылей – наиболее перспективный метод снижения их массы. Метод теплоизоляции способствует замедлению отвода тепла от прибыли, тем самым увеличивает работу прибылей. В результате повышается выход годного литья, сокращается брак, снижается себестоимость литья. Технология применения теплоизоляционных смесей предусматривает изготовление прибыльной части формы из теплоизоляционных оболочек и облицовок, изготовление подприбыльных и тонких ее частей из теплоизоляционных облицовок и стержней-утеплителей.

Использование металлофосфатных связующих в составе теплоизоляционных материалов, разработка методов их применения позволяют повысить свойства смесей, их термостойкость и улучшить санитарно-гигиенические условия труда [2], [4], [5], [6].

Исследованы некоторые закономерности проявления связующих свойств большого числа исходных металлофосфатных ингредиентов. Установлены неограниченные возможности влияния их химического состава на свойства готовых изделий [1], [3], [6], [7].

Металлофосфатными связующими являются такие системы, которые в исходном состоянии представляют собой порошки оксидов металлов и водный раствор ортофосфорной кислоты, содержащий фосфатные функциональные группы, обеспечивающие образование кристаллогидратов (гидратов) и, как следствие, твердение композиции. Однако в одних случаях твердение связующих композиций проявляется в нормальных условиях, а в других требуется нагрев.

Условие отношения твердой фазы к жидкой фазе в процессе отверждения металлофосфатных смесей определяет их живучесть и является их кинетической характеристикой, которая определяет их применимость в литейном производстве.

Материал и методика исследований. Предлагаются к применению новые запатентованные составы теплоизоляционных металлофосфатных смесей, служащие для теплоизоляции прибылей отливок. Изобретение направлено на улучшение физико-механических и теплоизоляционных свойств теплоизолирующей смеси. Смесь содержит алюмохромофосфатное связующее, отходы металлургического (ваграночного) производства и дополнительно трепел при следующем соотношении компонентов, мас. %: алюмохромофосфатное связующее – 8–12, трепел – 5–10, отход ваграночного производства – остальное. Предлагаемый состав отличается введением в смесь трепела Первомайского месторождения Алатырского района Чувашской Республики. Трепел природного происхождения за счет порошкообразной структуры совместно с фосфатным связующим в результате приготовления смеси образует массу, которая обволакивает частицы отхода ваграночного производства, обеспечивает хорошую формуемость смеси и термостабильность при оптимальном расходе связующего. Теплоизоляционную смесь приготавливают следующим образом: отходы ваграночного производства, металлофосфатное связующее и трепел в указанных по изобретению количествах загружают в смеситель и перемешивают в течение 5–10 минут. Отверждение образцов производят в печи при температуре 150–200 °С в течение 20–40 минут.

Результаты исследований и обсуждение. Применительно к литейному производству при получении отливок из черных и цветных металлов рекомендуется широко использовать магнийалюмофосфатное (МАФС), алюмофосфатное, алюмоборфосфатное и

другие фосфатные связующие, представляющие собой водный раствор фосфатов магния, алюминия, бора, цинка, кальция и других металлов, которые отверждаются пылью (отходом) электросталеплавильного производства (ОЭСП) и другими оксидами [2]. Отвердителями служат мелкодисперсные порошки (с удельной поверхностью 250–550 $м^2$/кг), содержащие оксиды основного металла (оксиды железа, магния, цинка и др.), а в случае кратковременной подсушки при температуре 180–250 °С отвердителей не требуется. Разработанные металлофосфатные связующие обладают длительным сроком хранения (не менее 6 месяцев), низкой стоимостью по сравнению с синтетическими связующими, экологической безопасностью. Предлагаемая технология обеспечивает соблюдение санитарно-гигиенических условий труда, высокую термостойкость, низкую газотворную способность (не более 5 $см^3$ на 1 г смеси при температуре 950 °С). Технологический процесс защищен авторскими свидетельствами и патентами РФ № 954137, 980919, 1026925, 1077692, 1072929, 1159716, 1156805, 1168313, 2356688, 2455108 и др.

Технологический процесс изготовления отливок с применением холоднотвердеющих смесей на металлофосфатных связующих и отходов электросталеплавильного производства может применяться в литейном производстве для создания мелких, средних и крупных отливок.

В качестве порошкообразного отвердителя применяли отходы электросталеплавильного производства Баймакского литейно-механического завода им. Ш. Худайбердина, осаждаемые в системе пылеулавливания.

Для изготовления смеси могут быть использованы смесители любых типов. Желательно производить предварительное смешивание отходов электросталеплавильного производства с кварцевым песком или другим наполнителем, т. е. необходимо предварительно приготовить базовую смесь, которая при необходимости будет смешиваться с металлофосфатными связующими и выпускаться из смесителей, готовая к применению для изготовления стержней и форм из холоднотвердеющих смесей.

Время приготовления смеси 3–5 мин. Смеси не имеют запаха, так как не содержат вредных, токсичных и отравляющих веществ. В составе металлофосфатных связующих отсутствуют фенол, формальдегид и другие токсичные вещества.

Смесь хорошо выбивается (высыпается) из внутренних полостей отливок. Полученные отливки не имеют поверхностных дефектов. Ввиду того, что смесь обладает высокой термостойкостью, отливки получаются без пригара.

Применение данного технологического процесса позволяет ликвидировать брак отливок по пригару, ситовидной и газовой пористости, горячим трещинам и другим дефектам. Выбиваемость смесей находится на уровне песчано-глинистых смесей.

Для приготовления холоднотвердеющих смесей (ХТС) можно применять обогащенные и необогащенные (глинистые) пески.

Варьируя соотношение связующее – отвердитель, можно изменять живучесть смеси и прочность на различных этапах отверждения.

Внедрение разработанного технологического процесса возможно на любом машиностроительном и металлургическом предприятии страны.

В качестве отвердителей фосфатных холоднотвердеющих смесей успешно можно применять и отходы кузнечного, прокатного, кислородно-конверторного и других производств определенной дисперсности и влажности с заданным химическим составом.

Согласно техническим условиям магнийалюмофосфатное связующее имеет следующий химический состав: фосфорный ангидрид 38,0–42,0 %, оксид магния 4,5–5,5 %, оксид алюминия 4,0–5,0 % [2].

Разработанные технологии приготовления теплоизоляционных смесей на основе металлофосфатных связующих обладают существенным преимуществом по сравнению с известными аналогами теплоизоляционных смесей. Подобранная совокупность компонентов и их количественные соотношения обеспечивают увеличение теплоизолирующего эффекта смеси при достаточных физико-механических свойствах, необходимых для изготовления теплоизоляционной оболочки. Свойства улучшаются за счет порошкообразной структуры трепела и торфа с низкой степенью разложения и содержания в нем оксидов различных металлов, которые хорошо совместимы с оксидами, содержащимися в вагранночном шлаке, что способствует повышению теплостойкости смеси. Наиболее приемлемыми для изготовления теплоизоляционных смесей, как показывает практика, являются металлофосфатные связующие – алюмохромфосфатное связующие (АХФС) и МАФС. Металлофосфатные связующие обладают высокой термостойкостью, стабильностью свойств, низкими токсичностью, газотворностью и осыпаемостью [1], [2], [3].

Резюме. Предлагаемые металлофосфатные связующие и смеси для получения отливок из черных металлов и сплавов, а также теплоизоляционные смеси для утепления прибылей отливок обладают хорошими физико-механическими, технологическими и теплоизоляционными свойствами. При этом улучшается экологическая обстановка в литейных цехах за счет утилизации отходов металлургического производства и снижается себестоимость получаемых отливок в результате использования промышленных отходов, природного трепела и металлофосфатных связующих.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Илларионов, И. Е.* Математический подход к определению уплотняемости плакированных смесей / И. Е. Илларионов, С. Г. Макаров // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 74–78.

2. *Илларионов, И. Е.* Металлофосфатные связующие и смеси / И. Е. Илларионов, Е. С. Гамов, Ю. П. Васин, Е. Г. Чернышевич. – Чебоксары : ЧГУ, 1995. – 524 с.

3. *Илларионов, И. Е.* Металлофосфатные связующие и смеси, особенности их отверждения / И. Е. Илларионов, И. А. Стрельников, Н. В. Петрова, А. Ф. Журавлев, А. А. Моляков, С. Г. Макаров // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 79–85.

4. *Патент* 2356688 Российская Федерация, МПК B 22 D 27/06, B 22 D 27/00. Теплоизоляционная смесь для утепления прибылей отливок / И. Е. Илларионов, И. А. Стрельников, Н. В. Петрова, А. Ф. Журавлев ; заявитель и патентообладатель Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова. – № 2007144151/02 ; заявл. 27.11.07 ; опубл. 27.05.09, Бюл. № 15. – 3 с. : ил.

5. *Патент* 2455108 Российская Федерация, МПК B 22 D 27/06, B 22 D 27/00. Теплоизоляционная смесь для утепления прибылей отливок / И. Е. Илларионов, И. А. Стрельников, Н. В. Петрова, А. Ф. Журавлев ; заявитель и патентообладатель Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова. – № 2011117816 ; заявл. 03.05.11 ; опубл. 10.007.12, Бюл. № 19. – 3 с. : ил.

6. *Судакас, Л. Г.* Теория и практика управления свойствами фосфатных вяжущих систем : автореф. дис. … д-ра тех. наук : 05.17.11 / Л. Г. Судакас. – Л., 1984. – 35 с.

7. *Сычев, М. М.* Твердение вяжущих веществ / М. М. Сычев. – Л. : Стройиздат., 1974. – 80 с.

УДК 631.3(075.8)

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЗУБЬЕВ ПРИ СОЗДАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩЕГО РАБОЧЕГО ОРГАНА*

ANALYSIS OF THE TRAJECTORY OF THE TEETH TO CREATE A PILOT TILLAGE WORKING BODY

Д. Ю. Карташов[1], С. А. Васильев[1], Е. П. Алексеев[1], А. А. Васильев[2], В. В. Алексеев[3]

D. Y. Kartashov[1], S. A. Vasilyev[1], E. P. Alekseev[1], A. A. Vasilyev[2], V. V. Alekseev[3]

[1]ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

[2]ГБОУ ВПО «Нижегородский государственный инженерно-экономический институт», Нижегородская область, г. Княгинино

[3]Чебоксарский кооперативный институт (филиал) АНО ВПО ЦС РФ «Российский университет кооперации», г. Чебоксары

Аннотация. Анализ траектории движения зубьев рабочих органов почвообрабатывающих орудий позволяет подобрать оптимальные конструкционные параметры, при которых воздействие на почву становится более эффективным и менее энергозатратным. Сконструированные с учетом полученных теоретических предпосылок экспериментальные рабочие органы в результате проверки в полевых условиях подтвердили высокие эксплуатационные характеристики.

Abstract. The analysis of the trajectory of the working bodies of the tillers teeth allows to choose the optimal design parameters with which the impact on the soil becomes more efficient and less energy-consuming. The experimental working bodies, which have been designed considering the theoretical assumptions, confirmed the high performance when being tested in the field.

Ключевые слова: *анализ траектории, воздействие на почву, лабораторные и полевые испытания, ротационные рабочие органы, эффективность воздействия.*

Keywords: *trajectory analysis, impact on soils, laboratory and field tests, rotating working bodies, impact effectiveness.*

Актуальность исследуемой проблемы. Возрастание требований к современной технике в отношении надежности и снижения эксплуатационных затрат вызывает необходимость постоянного поиска новых конструкционных решений. Взаимодействие активных рабочих органов почвообрабатывающих орудий с почвой сопровождается комплексом изменений взаимного расположения почвенных слоев и разрыхления почвы. На качество обработки почвы существенно влияют режимы работы и конструктивные пара-

* Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект 13-05-97048-р_поволжье_а.

метры рабочих органов [1]. Поэтому при выборе оптимальных конструктивных параметров и режимов работы важно точно определять кинематику рабочих органов для учета различного рода нюансов, возникающих при их разработке.

Материал и методика исследований. В связи с поставленной целью для улучшения качества механического воздействия на почву нами предлагается использовать экспериментальный рабочий орган, спроектированный для значительного сокращения энергозатрат и повышения урожайности возделываемых культур. Уменьшение количества проходов такого орудия по полю снижает отрицательное уплотняющее воздействие движителей тракторов и сельскохозяйственных машин на почву.

Разработанный почвообрабатывающий рабочий орган (рис. 1) содержит стойку 1, плоскорежущую лапу 2, стабилизатор-рыхлитель 3, установленный шарнирно на оси 4, с закрепленной на нем поперечиной 5 с зубчатыми дисками: верхним 6 и нижним 7 на осях 8 и 9 соответственно [2].

При движении агрегата поперек склона плоскорежущая лапа 2 подрезает пласт на установленной глубине. Стабилизатор-рыхлитель 3, установленный шарнирно на оси 4, частично рыхлит подрезанный пласт, воспринимая боковые усилия, способствуя тем самым повышению устойчивости движения орудия в плоскости склона. Зубчатый диск 7, установленный на оси 9, вращается, взаимодействуя с дном борозды, производя ее рыхление и находясь во взаимном зацеплении с зубчатым диском 6, передает вращение ему. Тем самым происходит дополнительное рыхление подрезанного пласта почвы и его «подталкивание», т. е. исключается «сгруживание» почвы рабочим органом, которое возникает при его работе [3].

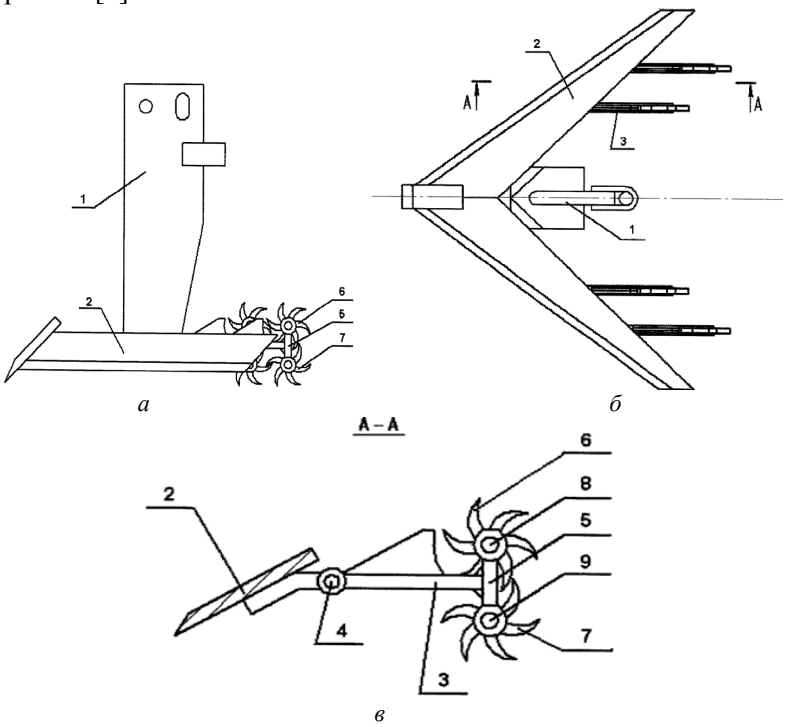


Рис. 1. ***Схема почвообрабатывающего рабочего органа: а – вид сбоку; б – вид сверху; в – сечение А-А***

Форма зуба дисков 6 и 7, выполненная по абсолютной траектории движения, позволяет дискам заглубляться в почву при минимальном вертикальном усилии и обеспечивает надежное сцепление зубьев диска 7 с дном борозды.

Рассмотрим возможность наклона звездочки к вертикали и к направлению движения рабочего органа (рис. 2).

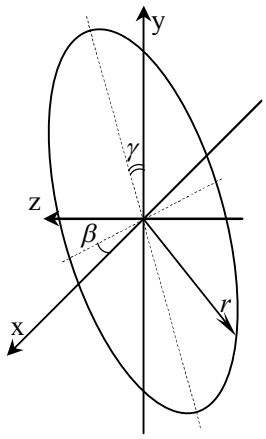


Рис. 2. ***Схема наклона звездочки***

Запишем уравнения траекторий движения для конца 1-го нижнего зуба $F_{н1}$:

$$x = r\cos\beta\,(\sin t + kt),$$
$$y = r\cos\gamma\,\cos t; \qquad (1)$$

для конца 1-го верхнего зуба $F_{в1}$:

$$x = r\cos\beta\,(-\sin(t + \pi/6) + kt),$$
$$y = r\cos\gamma\,\cos(t + \pi/6) + d; \qquad (2)$$

для конца 2-го нижнего зуба $F_{н2}$:

$$x = r\cos\beta\,(\sin(t + \pi/3) + kt),$$
$$y = r\cos\gamma\,\cos(t + \pi/3), \qquad (3)$$

где $t \in [0,2\pi]$, r – радиус звездочки, м; γ, β – углы отклонения от вертикали и прямого направления, град.; d – расстояние между звездочками, м; k – коэффициент проскальзывания (для данного орудия $k \geq 1$).

Кинематическое зацепление зубьев, как и предполагается, приводит к дополнительному рыхлению, подрезанию и «подталкиванию» пласта, исключая «сгруживание» почвы. Идеализированной траекторией в данном случае является растянутая циклоида, поскольку присутствует некоторое проскальзывание звездочки в почве (избавляться от данного проскальзывания нерационально, поскольку звездочка вращается не от вала отбора мощности, а от сцепления с почвой). В случае, когда проскальзывания нет, $k = 1$, но если почва рыхлая, нетвердая, то $k \geq 1$. Этот факт позволяет сделать достаточно важный (не количественный, а на данном этапе только качественный) вывод – чем меньше твердость, тем больше k.

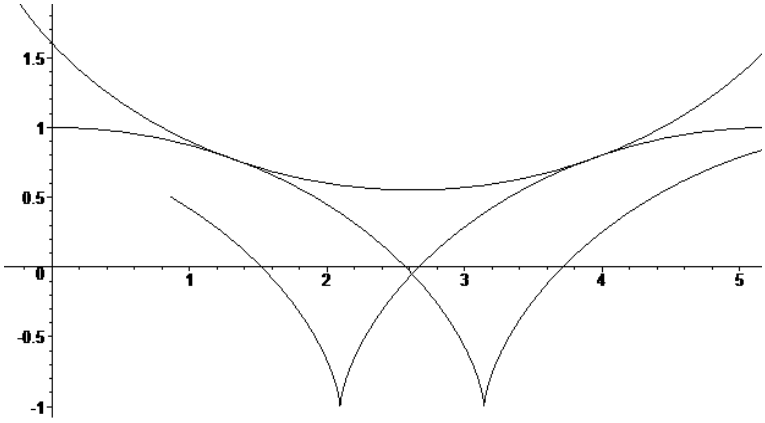


Рис. 3. ***Траектории концов верхних и нижних зубьев по уравнениям (1), (2), (3)***

Результаты исследований и их обсуждение. Определим минимальное расстояние между осями звездочек. В первом приближении пренебрежем формой зубьев. Численно решая системы уравнений (1)–(2) и (2)–(3), увеличиваем значение расстояния между звездочками до тех пор, пока корни не исчезнут. Исчезновение корней говорит о том, что траектории больше не пересекаются и конструкционно вращение звездочек становится возможным.

Рассмотрим частный случай, когда r = 0,1 м, cosβ = 1, k=1, cosγ = 1. Анализ численных решений показывает, что траектории перестают пересекаться при расстоянии между звездочками $d \geq 1{,}56$, r=0,156 м. Расстояние между осями при необходимости можно сократить увеличением углов β и γ.

Кинематическое зацепление зубьев, как и описано в [2], приводит к дополнительному рыхлению, подрезанию и «подталкиванию» пласта, исключая «сгруживание» почвы, и, таким образом, повышает качество и эффективность ее обработки.

Резюме. Расчет траекторий движения зубьев рабочих органов почвообрабатывающих орудий и их анализ позволили сконструировать экспериментальные рабочие органы, подобрать оптимальные конструкционные и эксплуатационные параметры, при которых воздействие на почву становится более эффективным и менее энергозатратным. Весенние и осенние полевые испытания 2013 г. подтвердили высокие эксплуатационные характеристики, позволившие сэкономить средства при обработке почвы, снизить вследствие сокращения количества проходов техники, техногенное воздействие.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев, В. В.* Оценка механического воздействия на почву фрезы ФБН-1,5 с модифицированными рабочими органами / В. В. Алексеев, В. И. Максимов, И. И. Максимов, А. Н. Михайлов, И. В. Сякаев // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 3–6.

2. *Патент* 2475006 Российская Федерация. Почвообрабатывающий рабочий орган / И. И. Максимов, Д. Ю. Карташов, С. А. Васильев, В. И. Максимов, А. А. Васильев ; патентообладатель Чуваш. гос. с.-х. академ. – № 2010152113/13 ; заявл. 20.12.10 ; опубл. 20.02.13, Бюл. № 5.

3. *Патент* 2360391 Российская Федерация. Почвообрабатывающий рабочий орган / В. И. Максимов, А. В. Прошкин, И. И. Максимов, С. А. Васильев, А. А. Васильев ; патентообладатель Чуваш. гос. с.-х. академ. – № 20008105187/12 ; заявл. 11.02.08 ; опубл. 10.07.09, Бюл. № 19.

УДК 591. 481.12: 568.2

ЦИТОАРХИТЕКТОНИКА КОНЕЧНОГО МОЗГА ВОЛНИСТОГО ПОПУГАЯ И СИЗОГО ГОЛУБЯ

CYTOARCHITECTURE OF TELENCEPHALON OF BUDGERIGAR AND BLUE ROCK PIGEON

А. Ю. Ландышева

A. Y. Landysheva

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Установлено, что структурная организация мозга птицы-имитатора волнистого попугая имеет значительные отличия от структуры мозга сизого голубя.

Abstract. It's established that the structural organization of the telencephalon of budgerigar is significantly different from the telencephalon of blue rock pigeon.

Ключевые слова: *цитоархитектоника, нейрон, глия, нейроглиальный комплекс.*

Keywords: *cytoarchitecture, neuron, glia, neuronal-glial complex.*

Актуальность исследуемой проблемы. Способность птиц имитировать человеческую речь – уникальное явление в животном мире. Подражанию человеческой речи способны только птицы. Данное явление имеет отношение к разным областям знания. Подражание птиц в неволе является вариантом их коммуникативно-имитационного поведения в естественных условиях. Поведение, позволяющее устанавливать контакты с популяционными и биоценотическими партнерами, необходимо для поддержания экологического комфорта. Очевидно, что способность к имитации связана с элементарным мышлением некоторых групп птиц. По словам З. А. Зориной, исследование рассудочной деятельности животных важно, так как оно тесно связано с проблемой происхождения психической деятельности человека в процессе эволюции. Предметом дискуссии всегда были представления о зачатках мышления животных и об уровнях его сложности. Вместе с тем к настоящему времени накоплено огромное количество фактов, которые доказывают, что некоторые формы элементарного мышления имеются у достаточно широкого круга позвоночных [6], [7].

Поведение волнистых попугаев в неволе говорит о том, что у птиц способности к имитации отнюдь не ограничиваются простым подражанием голосу человека. Они могут вести вариативный, не строго заученный диалог с человеком, отвечать на вопросы, а также комментировать действия хозяина или, напротив, отвечать действием на соответствующие его реплики. В условиях комнатного «биоценоза» человек становится экологическим фактором. Информационные контакты с ним на основе подражания его речи оказываются чрезвычайно выгодными птице, сопровождаются эффективным для нее подкреп-

лением в виде воды, пищи, общения, освещенности, поощрительной интонации. Человек обучает птицу подражанию своей речи, используя этот этологический и экологический механизм, преследуя как профессиональные, так и непрофессиональные цели. Имитация волнистым попугаем человеческой речи помогает птице адаптироваться к существованию в неволе. Способность к подражанию отмечена к настоящему моменту у представителей двух отрядов: попугаеобразных и воробьинообразных. Однако у представителей данных отрядов эта способность встречается не у всех видов. На воле попугаеобразные практически не имитируют голоса других видов. У воробьинообразных виды, подражающие чужим голосам на воле, подражают и в неволе, воспроизводя мелодии песен, антропогенные звуки, человеческую речь [5]. До сих пор изучены особенности цитоархитектоники конечного мозга вороны серой *(Corvus Cornix),* грача *(Corvus frugilegus),* галки *(Corvus monedula),* перепела *(Coturnix coturnix)* [2], [4]. Изучение структурных компонентов конечного мозга птиц-имитаторов является актуальной проблемой сравнительной психологии, физиологии позвоночных животных. Проведение сравнительного анализа микроструктурных компонентов конечного мозга птиц-имитаторов волнистого попугая *(Melopsittacus undulates)* и сизого голубя *(Columba livia)* явилось целью нашей работы. Исходя из поставленной цели, были поставлены следующие задачи:

1) исследовать цитоархитектонику конечного мозга волнистого попугая и сизого голубя;

2) провести сравнительный анализ площадей профильного поля комплексов в конечном мозге исследуемых птиц.

Материал и методика исследований. Исследование проводилось на конечном мозге десяти птиц из двух разных экологических групп: птиц-имитаторов волнистого попугая *(Melopsittacus undulates)* и сизого голубя *(Columba livia).* С последующей обработкой по стандартной методике Ниссля мозг птиц фиксировали в 76 % этиловом спирте. Крезиловым фиолетовым окрашивали каждый десятый срез (20 мкм) [8].

Подсчитывали структурные клеточные элементы (глия, нейроны и нейроглиальные комплексы – НГК1, НГК2, НГК3) при микроскопировании. НГК1 состоит из 2–4 нейронных и глиальных клеток, НГК2 – из 5–10, НГК3 – более чем из 10. Учитывали общую плотность распределения глии, нейронов и комплексов [1], [3]. В 30 полях зрения для каждой зоны конечного мозга проводился подсчет нейронов, глии и нейроглиальных комплексов. Достоверность результатов исследования определяли по t- критерию Стьюдента при $p \leq 0{,}05$.

Результаты исследований и их обсуждение. Выявлено, что наибольшие различия наблюдаются в количестве нейронов в полях Hd (Hyperstriatum dorsale), Hv (Hyperstriatum ventrale) у волнистого попугая. Так, количество нейронов в вышеуказанных полях на два порядка выше, чем у сизого голубя (см. рис. 1, 2). По данным гистограмм 1, 2 следует, что в стриатуме сизого голубя показатели площади профильного поля (ППП) комплексов достоверно выше в поле Hd. В поле Hd как у сизого голубя, так и у волнистого попугая превалирует ППП НГК2. В архистриатуме сизого голубя выявлено отсутствие нейроглиальных комплексов, в стриатуме, за исключением полей Pa (Paleostriatum augmenttatum) и A (Archistriatum), преобладает удельное количество глиальных клеток. Звездчатые клетки количественно доминируют в гиперстриатуме и неостриатуме, в полях Pa и Ar доминируют пирамидные. В ядре Hv наибольшие значения имеют показатели ППП зведчатых клеток. Во всех полях стриатума преобладает НГК1 с пиковым значением в поле Hd, где имеют место и максимальные показатели ППП НГК2 и НГК1. Поле E (Ectostriatum) ха-

рактеризуется отсутствием НГК2. Наибольшее разнообразие классов нейронов выявлено в полях Ha (Hyperstriatum accessories), Ne и E (по 7 классов), Hd и Hv (по 8 классов). Глиальные клетки достоверно преобладают в стриатуме попугая во всех полях, отсутствием комплексов характеризуется архистриатум. В полях Hd, Hv, Ne, Pa значительно доминируют показатели ППП комплексов, показатели ППП нейронов – в полях E и Ar. В большинстве полей чаще встречаются звездчатые клетки, в поле Ar незначительно преобладают пирамидные нейроны. ППП звездчатых клеток имеет наибольшее значение в архистриатуме. НГК3 выявлены в полях Hd и Hv гиперстриатума. Количество НГК1 превалирует во всех ядрах стриатума. Показатели ППП НГК1 преобладают в ядрах Hv, Ne, E, Pa, показатели ППП НГК2 – в ядрах Hd и Hv. Наибольшее разнообразие классов нейронов отмечено в полях Hv (9 классов) и Ha (10 классов). В полях Hd и Hv гиперстриатума попугая выявлены НГК3. Количество НГК1 превалирует во всех ядрах стриатума. Показатели ППП НГК1 преобладают в ядрах Hv, Ne, F, Pa. В стриатуме сизого голубя отсутствуют ППП комплексов НГК3. Показатели ППП волнистого попугая значительно доминируют в полях Hd, Hv, Ne, Pa. Таким образом, можно утверждать, что сложные интегративные процессы у волнистого попугая идут значительно быстрее, чем у сизого голубя, так как НГК всех полей конечного мозга волнистого попугая превышают НКГ сизого голубя (см. рис. 1, 2).

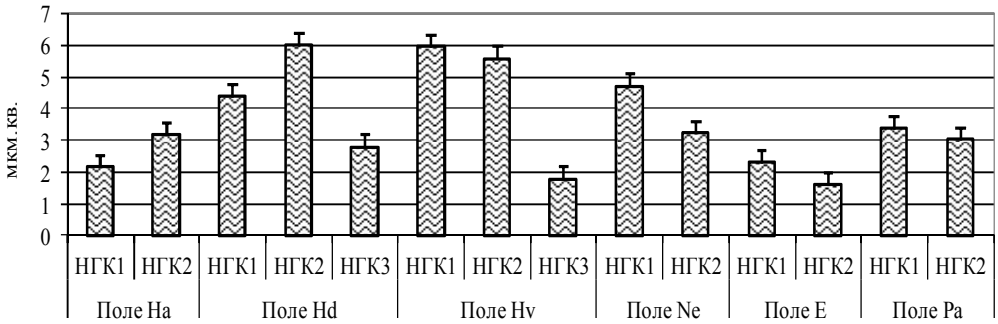


Рис. 1. ***Площадь профильного поля комплексов в конечном мозге волнистого попугая***

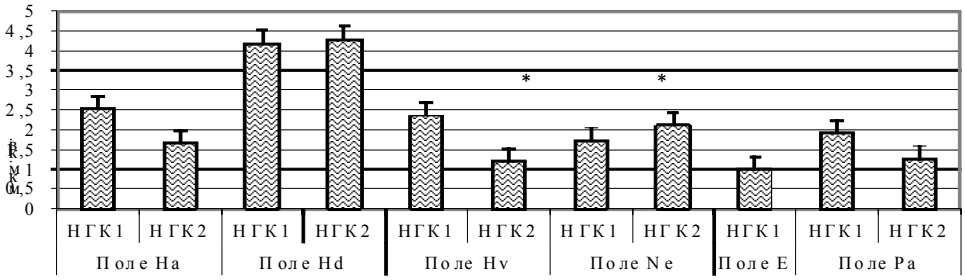


Рис. 2. ***Площадь профильного поля комплексов в конечном мозге сизого голубя***

Примечание: * достоверность $p \leq 0{,}05$.

Резюме. 1. Конечный мозг волнистого попугая по сравнению с сизым голубем имеет различия по плотности структурных компонентов.

2. Площадь профильного поля нейроглиальных комплексов конечного мозга волнистого попугая по сравнению с сизым голубем достоверно больше в эволюционно молодых полях Hd и Hv.

3. На наш взгляд, конечный мозг птицы-имитатора волнистого попугая, у которого обнаруживаются крупные нейроглиальные комплексы, имеет более высокую скорость передачи нервного импульса, что увеличивает интегративные способности мозга.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Васильев, Ю. Г.* Цитология. Гистология. Эмбриология : учебник / Ю. Г. Васильев, Е. И. Трошин, В. В. Яглов. – СПб. : Лань, 2009. – 567 с.

2. *Воронов, Л. Н.* Морфофизиологические закономерности совершенствования головного мозга и других органов птиц / Л. Н. Воронов. – М. : Изд-во МГУ, 2003. – 210 с.

3. *Воронов, Л. Н.* К проблеме классификации нейронов стриатума конечного мозга птиц / Л. Н. Воронов, В. В. Алексеев // Журнал высшей нервной деятельности. – 2001. – № 51 (4). – С. 477–483.

4. *Воронов, Л. Н.* Морфофункциональные закономерности параметров филогении и экологических адаптаций в конечном мозге говорящих птиц / Л. Н. Воронов, В. Ю. Константинов, А. Е. Герасимов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 51–54.

5. *Заянчковский, И. Ф.* Говорящие птицы / И. Ф. Заянчковский. – Уфа : Башкирское книжное издательство, 1981. – 152 с.

6. *Зорина, З. А.* Зоопсихология. Элементарное мышление животных / З. А. Зорина, И. И. Полетаева. – М. : Аспект Пресс, 2002. – 320 с.

7. *Ильичев, В. Д.* Говорящие птицы / В. Д. Ильичев, О. Л. Силаева. – М. : Знание, 1991. – 64 с.

8. *Полонская, Н. Ю.* Основы цитологической диагностики и микроскопическая техника / Н. Ю. Полонская, О. В. Егорова. – М. : Издательский центр «Академия», 2005. – 160 с.

УДК 619:615:618

ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕПАРАТОВ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ КОРОВ ПРИ СУБКЛИНИЧЕСКОМ МАСТИТЕ

USE OF PLANT-BASED PREPARATIONS FOR TREATMENT OF COWS WITH SUBCLINICAL MASTITIS

Г. А. Ларионов, Л. М. Вязова, О. Н. Дмитриева, М. А. Сергеева

G. A. Larionov, L. M. Vyazova, O. N. Dmitrieva, M. A. Sergeeva

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Статья посвящена влиянию препаратов растительного происхождения на эффективность лечения субклинического мастита и повышение качества молока коров до первого и высшего сортов. Установлено, что изношенность резины доильных стаканов, недостаточный контроль и ненадлежащий уход за состоянием вымени коров при первичном выявлении болезни, нарушение санитарно-гигиенических правил доения коров приводят к субклинической форме мастита.

Abstract. The article is devoted to the influence of plant-based preparations on the effectiveness of treatment of subclinical mastitis and on improving the quality of cows' milk up to the first and top grade. It is established that the deterioration of rubber milking cups, lack of control and inadequate care for the condition of the udder of cows at the primary detection of the disease, violation of sanitary regulations of milking cows lead to subclinical form of mastitis.

Ключевые слова: *молоко, вымя, корова, маститт, Калифорнийский тест, Кенотест.*

Keywords: *milk, udder, cow, mastitis, California test, Kenotest.*

Актуальность исследуемой проблемы. Качество молока коров регулируется различными нормативными документами [1], [6]. Мастит коров причиняет значительный ущерб хозяйствам из-за снижения качества молока и продуктивности коров, расходов на лечение, преждевременной выбраковки коров [2]. Высокое содержание соматических клеток в молоке снижает его термоустойчивость и другие технологические свойства [4]. Вызывать заболевание может целый ряд микроорганизмов, а также причины неинфекционного характера, поэтому проявления маститов очень разнообразны. Чаще всего они проявляются субклинически, т. е. без явных симптомов со стороны молочной железы [5]. Вовремя распознать заболевание, не допустить его распространение в стаде – важная задача специалистов хозяйства [3].

В связи с этим целью нашей работы является выявление эффективности лечения коров при субклиническом мастите препаратами растительного происхождения.

Для достижения данной цели поставили следующие задачи:

1) определить динамику поражения вымени коров при субклиническом мастите;

2) выявить влияние препаратов на растительной основе (*Пихтоиновой мази, Травма-геля*) на эффективность лечения субклинического мастита коров.

Материал и методика исследований. Изучение динамики поражения вымени и влияния препаратов растительного происхождения на эффективность лечения субклинического мастита и повышение качества молока коров проводили в условиях молочно-товарной фермы № 1 сельскохозяйственного производственного кооператива – колхоза им. Ленина Чебоксарского района Чувашской Республики с поголовьем 180 дойных коров черно-пестрой голштинизированной породы. Система содержания коров привязная с использованием в летний период пастбища. В стойловый период коров содержат на привязи в помещении, для моциона коров используют выгульные площадки.

Исследования включали: изучение качества сборного молока по органолептическим и физико-химическим показателям; анализ молока из каждой четверти вымени на субклинический мастит с использованием реактива *Калифорнийский тест*, предложенного в 1957 году американским ученым Шалма; клинический осмотр коров с повышенным содержанием соматических клеток в молоке. Мероприятия по лечению коров, у которых выявили субклинический мастит, проводили в 2012–2013 гг.

В исследованиях применяли следующие средства измерений: спектрометр атомно-абсорбционный «КВАНТ-Z.ЭТА-1»; хроматограф газовый аналитический «ЦВЕТ-500М»; весы ВЛКТ-500; КФК-3; анализаторы «Соматос-мини», «Лактан 1–4», «Термоскан-мини», молочно-контрольные пластинки.

Результаты исследований и их обсуждение. При обследовании дойных коров в стаде выявили субклиническую форму мастита у 58 коров, что составляет 32 % от всего поголовья стада. При анализе причин возникновения субклинического мастита у коров установили изношенность резины доильных стаканов, недостаточный контроль и ненадлежащий уход за состоянием вымени при первичном выявлении болезни, нарушение санитарно-гигиенических правил доения коров.

В группе из 45 коров при исследовании на мастит при помощи реактива *Калифорнийский тест* у 14 коров (31 %) было выявлено повышенное содержание соматических клеток в молоке (более 700000 в 1 $см^3$), что характерно для субклинического мастита. В девяти случаях изменения секрета вымени обнаружили в передней левой четверти либо в передней левой и задней правой четвертях вымени. Причину частого поражения передней левой и задней правой четвертей вымени выявили при обследовании доильного аппарата. При разборке доильных стаканов в двух из них была обнаружена сильная изношенность сосковой резины. В одном доильном стакане была порвана сосковая резина. В результате при доении происходило травмирование сосков вымени у коров, что привело к развитию субклинического мастита. В данном случае сроки замены сосковой резины не были соблюдены.

Причиной воспаления молочной железы может стать запаздывание с машинным додаиванием и передержка доильных аппаратов на вымени. Особенно часто заболевания наблюдали у коров с неравномерно развитыми долями вымени с разными по размеру и расположению сосками. При этом молоко выводилось из разных сосков не одновременно. В результате соски, из которых молоко выдаивалось раньше, подвергались воздействию вакуума до конца доения. Под действием вакуума травмируются клетки внутри сосков, мелкие кровеносные сосуды, что приводит к возникновению мастита. Передержка доильных аппаратов на вымени после выдаивания молока из всех четвертей вызывает у коров болевые ощущения, при этом снижаются скорость молокоотдачи и продуктивность животных. Контроль работы доильных аппаратов необходим в течение всего времени доения, чтобы предотвратить возникновение неполадок в их работе, своевременно отключить их.

Своевременная проверка молока у коров позволила выявить скрытый мастит и вовремя назначить лечение. Лечение проводили с использованием препаратов растительного происхождения. Для этого были сформированы четыре группы коров по 45 голов в каждой. Из четырех групп первые три были опытными, 4-я – контрольной. Животные в группах были сходны по возрасту (1–5 лактации), массе (500–550 кг), продуктивности (12–15 кг молока в сутки или 4000–4500 кг в год). В ходе исследования было выявлено 58 коров с субклинической формой мастита. Диагноз на мастит поставили на основании анамнеза, исследования молочной железы у коров, органолептической оценки секрета вымени, полученного при пробном доении. Пробы молока на содержание соматических клеток исследовали с помощью *Калифорнийского теста*, *Кенотеста* непосредственно перед доением после сдаивания первых струй молока в преддойную чашку. Молоко оценивали визуально с применением таблицы оценки результатов. По результатам исследования проб молока коровам, у которых выявили мастит в субклинической форме, назначили лечение препаратами на растительной основе. В 1-й опытной группе применяли *Пихтоиновую мазь*, во 2-й опытной – *Травма-гель*, в 3-й опытной – *Пихтоиновую мазь* и *Травма-гель*, чередуя их через сутки (*Пихтоиновая мазь* – на 1, 3, 5 сутки, *Травма-гель* – на 2 и 4 сутки). Препараты применяли для лечения 2 раза в сутки с интервалом 12 часов в течение пяти суток путем нанесения препарата на кожу пораженной четверти вымени после предварительного выдаивания молока. В 4-й контрольной группе для лечения субклинического мастита коров применяли препарат *Мастиет форте* интрацистернально в течение пяти суток в дозе 10 мл 1 раз в сутки после предварительного выдаивания молока из больной четверти вымени в преддойную кружку. После введения препарата *Мастиет форте* проводили легкий массаж пораженной четверти вымени для равномерного распределения лекарства в доле. По истечении пяти суток после последнего применения препаратов оценивали результаты лечения. Для этого повторно исследовали молоко всех четвертей вымени при помощи *Калифорнийского теста*. Коров считали выздоровевшими, если проба молока показывала низкое содержание соматических клеток (до 200000 в 1 $см^3$ молока), отсутствовали изменения секрета. Результаты лечения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Лечение коров при субклиническом мастите

Показатель	**Группа**			
	1-я опытная	**2-я опытная**	**3-я опытная**	**4-я контрольная**
Количество больных коров в группе, голов	18	19	14	7
Препараты	*Пихтоиновая мазь*	*Травма-гель*	*Пихтоиновая мазь и Травма-гель*	*Мастиет форте*
Кратность лечения	2 раза в сутки через 12 часов			1 раз в сутки в дозе 10 мл
Способ лечения	нанесение на кожу пораженной четверти вымени			интрацистернально
Продолжительность лечения, сутки	5			
Стоимость курса лечения 1 коровы, руб.	18,70	205,00	93,22	350,00
Количество выздоровевших коров, голов	15	16	14	5
Эффективность лечения, %	83	84	100	71

В каждой группе коров определили количество выздоровевших животных. Эффективность лечения варьировала от 71 до 100 %, затраты на лечение составили от 18,70 до 350,00 рублей на одно животное. В 3-й опытной группе выздоровели все коровы.

После лечения коров препаратами на растительной основе молоко коров исследовали по физико-химическим показателям, содержанию соматических клеток, токсичных элементов, количеству мезофильных аэробных и факультативных анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ).

Установили, что молоко контрольной и опытных групп по органолептическим и физико-химическим показателям соответствует требованиям ГОСТ Р 52054 – 2003 «Молоко натуральное коровье – сырье. Технические условия» (изменение № 1). Содержание токсичных элементов в молоке не установили. По показателю КМАФАнМ молоко соответствует первому сорту. Количество соматических клеток в молоке коров 1-й опытной группы составило 420000 в 1 $см^3$ ($P \leq 0,05$), 2-й опытной – 400000 ($P \leq 0,05$), 3-й опытной – 320000 ($P \leq 0,05$), 4-й контрольной – 410000. То есть качество молока 2-й и 3-й опытных групп по показателю соматических клеток соответствует высшему сорту, 1-й опытной и 4-й контрольной – первому сорту.

Резюме. Своевременная диагностика субклинического мастита, надежная профилактика, эффективное лечение составляют основу мероприятий по борьбе с маститом у коров и способствуют повышению их качества молока.

Контроль качества молока коров с помощью *Калифорнийского теста* и *Кенотеста* позволил выявить субклинический мастит и своевременно провести лечение.

Эффективность лечения субклинической формы мастита у коров при комбинированном использовании препаратов на растительной основе – *Пихтоиновой мази* и *Травма-геля* – составила 100 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. *ГОСТ* Р 52054 – 2003 Молоко натуральное коровье – сырье. Технические условия (с изменениями от 01 января 2010 г.). – Введ. 2003–05–22. – М. : Издательство стандартов. 2003. – 30 с.

2. *Колчина, А. Ф.* Современные методы в диагностике патологии молочной железы высокопродуктивных коров / А. Ф. Колчина, А. С. Баркова, М. И. Барашкин // Аграрный вестник Урала. – 2012. – № 12 (104). – С. 12–14.

3. *Ларионов, Г. А.* Оценка качества молока в Чувашской Республике / Г. А. Ларионов, Н. В. Щипцова, Н. И. Миловидова // Российский журнал «Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии». – 2012. – № 2 (8). – С. 9–11.

4. *Любимов, А. И.* Термоустойчивость молока в Удмуртской Республике / А. И. Любимов, В. А. Бычкова, О. С. Уткина // Молочная промышленность. – 2013. – № 4. – С. 25–26.

5. *Маститы* крупного рогатого скота – постоянная угроза для молочных ферм // Молочная промышленность. – 2013. – № 7. – С. 18–19.

6. *Федеральный* закон Российской Федерации от 12 июня 2008 г. № 88-ФЗ «Технический регламент на молоко и молочную продукцию» (с изменениями от 22 июля 2010 г. № 163-ФЗ). – М., 2010. – 124 с.

УДК 536.46

МЕТОДЫ АНАЛИЗА АНСАМБЛЯ МИКРОСКОПИЧЕСКИХ ЧАСТИЦ В ПРОДУКТАХ ГОРЕНИЯ КОНДЕНСИРОВАННЫХ СИСТЕМ

METHODS OF ANALYSIS OF MICROSCOPIC PARTICLES COMPLEX IN COMBUSTION PRODUCTS OF CONDENSED SYSTEMS

А. Н. Лепаев, С. И. Ксенофонтов

A. N. Lepaev, S. I. Ksenofontov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Приведены результаты дисперсного анализа продуктов горения модельного состава на основе перхлората аммония и полибутадиенового каучука с добавками металлического алюминия. Показано, что большинство частиц имеет микронный размер и эллипсоидальную форму. Из существующих методов анализа ансамбля микроскопических частиц продуктов горения составов с добавками алюминия экспериментальные результаты наиболее лучше описываются распределением Розина–Раммлера.

Abstract. The article gives the results of dispersed analysis of model composition combustion products on the basis of ammonium perchlorate and polybutadiene rubber with aluminium metal additive. It is shown that most particles are of micron size and elliptic form. Of all existing methods of analysis of microscopic particles complex in combustion products with aluminium additives, the experiment results are best described by Rosin-Rammler distribution.

Ключевые слова: *дисперсная частица, эффективный диаметр, функция распределения частиц по размерам, продукты горения.*

Keywords: *disperse particle, effective diameter, function of distribution of particles by sizes, combustion products.*

Актуальность исследуемой проблемы. В продуктах горения топлив, содержащих металлическое горючее, имеется множество разнообразных дисперсных частиц как по химическому составу, так и по геометрическим размерам. С целью увеличения полноты сгорания топлив исследователи пытаются закладывать в исходное топливо металл различного размера, прибегают к капсулированию частиц металла. Однако явление агломерации частиц металла на поверхности горения конденсированной фазы в корне меняет дисперсный состав в газовой фазе.

Состояние дисперсной фазы в пламени проще всего можно изучить методом пробоотбора. Через пламя проносятся стеклянные пластины с определенной скоростью, на которые осаждаются частицы. В дальнейшем поверхность пробоотборника подвергается микроскопическому анализу.

Визуальное изучение поверхности пробоотборника с целью определения концентрации частиц в пламени является длительным и утомительным процессом. При этом

идентификация микрообъектов по размерам оказывается наиболее трудоемкой частью работы. Для ускорения анализа дисперсного состава применяются различные приборы, основанные на фотоэлектрическом методе. Они состоят из двух основных блоков: оптической части и электронного устройства. Оптическая часть формирует увеличенное изображение микрообъекта, а электронный блок включает в себя устройство получения информации об объекте и устройство ее обработки (специализированную ЭВМ и устройство выдачи данных) [7], [8].

Целью настоящей работы являются определение среднего размера микрообъектов и установление параметров закона распределения, наилучшим образом описывающего дисперсный состав с помощью ЭВМ.

Материал и методика исследований. В работе применялся металлографический микроскоп МИМ-7 с темнопольным освещением объекта исследования. Методика регистрации функции распределения подробно описана в работе [5].

Дисперсные частицы представляются светлыми объектами на темном фоне. В качестве регистрирующего прибора использовалась окулярная приставка к микроскопу с цифровой камерой фирмы «Werberg», имеющей 5-мегапиксельную ПЗС-матрицу. Размеры светочувствительного элемента матрицы равны 2,2 мкм. Оцифрованное изображение объекта вводилось в ПЭВМ через USB-порт и сохранялось в bmp-формате. Программное обеспечение видеокамеры позволяло менять яркость, контрастность и цветность изображения, изменять коэффициент увеличения полученного изображения для просмотра отдельных элементов. Скорость сканирования изображения составляла 2 кадр/с. Сохраненное изображение разбивалось на отдельные элементы по числу пикселей ПЗС-матрицы и составляло 1944 строк по 2592 элемента в каждой строке. Каждый элемент имеет 256 градаций яркости в черно-белом варианте.

Полученные снимки поверхности пробоотборника обрабатывались с помощью специально созданной программы «Particle», написанной в среде «Delphi» [8]. Наиболее приемлемым для обработки является черно-белый вариант изображения. По желанию оператора может обрабатываться только часть изображения, которая вырезана из основного.

Измерение размеров и счет числа частиц являются центральным местом в программе «Particle». Окно-просмотрщик размерами 1×3 пикселя пробегает по отдельной строке изображения. В ходе продвижения по черному фону встречается со светлым пикселем, то есть окно-просмотрщик встречается с краем изображения частицы и обегает частицу по краю. Далее на плоскости создается массив значений координат окна-просмотрщика, позволяющий определить периметр и площадь частицы. Оригинальный метод кодирования граничных точек контура, получивший название цепного кодирования, предложен Х. Фрименом. В его основе лежит принцип соединения соседних точек с прямолинейными отрезками, имеющими горизонтальное, вертикальное или диагональное расположение.

Код допускает довольно простые процедуры преобразования (поворота или перемещения на плоскости) фигуры и вычисления ее метрических характеристик (площади, высоты, длины), которые используются для контроля размеров и формы объектов. Алгоритмы вычисления площади и периметра основываются на принципах дискретной математики.

Если шаг дискретизации h равен 1, а контур анализируемой фигуры аппроксимируется многоугольником с вершинами в точках (x_i, y_i), i = 1,2,…,n, то

$$S = \left| \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} (x_i - x_{i+1})(y_i + y_{i+1}) \right|; P = \sum_{i=1}^{n} \left[(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2 \right]^{\frac{1}{2}}.$$

Окно-просмотрщик, возвращаясь в исходную координату, удаляет эту частицу из изображения. После этого продолжает свое дальнейшее продвижение по строке. После просмотра первой строки окно-просмотрщик начинает сканирование следующей строки. Так продолжается до просмотра последней строки изображения. Таким образом, поочередно рассматриваются все частицы изображения. Программа работает достаточно быстро, сканирование всего изображения длится не более 10 с.

В памяти машины остаются данные о числе частиц N, об их периметре P и площади S. По этим данным легко рассчитывается эффективный диаметр $d_{эф}$, соответствующй диаметру круга, площадь которого равна площади проекции частицы. Для оценки формы частицы вводится новый параметр – форм-фактор G. Он служит показателем степени округлости частицы и рассчитывается как отношение квадрата периметра к площади проекции $G = P^2/S$.

Программа позволяет получать сведения об ансамбле частиц в виде функций распределения частиц по периметру, по площади, по эффективному диаметру и по форм-фактору. Если в ансамбле частиц имеются преимущественно круглые частицы, то в функции их распределения по форм-фактору окажется максимум частиц при значении G = 12,56. Работоспособность программы проверялась по тестовым рисункам изображений частиц.

Для частиц с развитой поверхностью форм-фактор оказывается значительным при фиксированном эффективном диаметре. Однако, как показывает опыт, приведенные выше параметры необходимо рассматривать комплексно и с визуальным наблюдением изображения отдельных частиц. Только в этом случае удается правильно описать ансамбль частиц.

В качестве примера приведем анализ ансамбля частиц продуктов сгорания модельного состава на основе перхлората аммония (80 %) и полибутадиенового каучука (20 %). Металлический алюминий введен в состав в количестве 15 % сверх 100 %. Первичные частицы металла представляли механическую смесь ультрадисперсной фракции с фракцией частиц размерами ~12 мкм. Образец цилиндрической формы диаметром 10 мм сжигался при комнатных условиях. Пронос пробоотборника проводился на высоте 2 см над поверхностью горения.

Результаты исследований и их обсуждение. Увеличенное изображение участка пробоотборника приведено на рис. 1. Видны крупные частицы размерами 10÷25 мкм, а большинство частиц имеет микронные размеры. На рис. 1 длина черточки соответствует 100 мкм. Общее число частиц, зарегистрированных камерой, равно 1179. Крупные частицы размерами 10÷30 мкм составляют ~1,1 %, а более крупные образования размерами ~100 мкм – лишь ~0,01 %. Среднее расстояние между частицами – ~16 мкм.

Крупные частицы размерами 10 мкм, по всей вероятности, являются «материнскими», то есть вынесенными газовым потоком непосредственно с поверхности горения [5], [6]. Пленка из окиси алюминия, образованная в ходе медленного окисления, сохраняет

свою форму при прохождении высокотемпературной зоны пламени, так как температура плавления окиси алюминия выше температуры пламени. Просматривая такую частицу под большим увеличением, можно увидеть, что внешняя поверхность ее неровная, имеются отдельные чешуйки, частично отошедшие от основной сферы. На поверхности некоторых частиц имеются отверстия в виде жерла. Вероятно, через эти отверстия выходили пары алюминия. На внешней поверхности сферы радиуса R можно наблюдать осажденные сферические частицы меньших размеров – ~0,1R [4]. Частицы сажи на поверхности пробоотборника не наблюдаются.

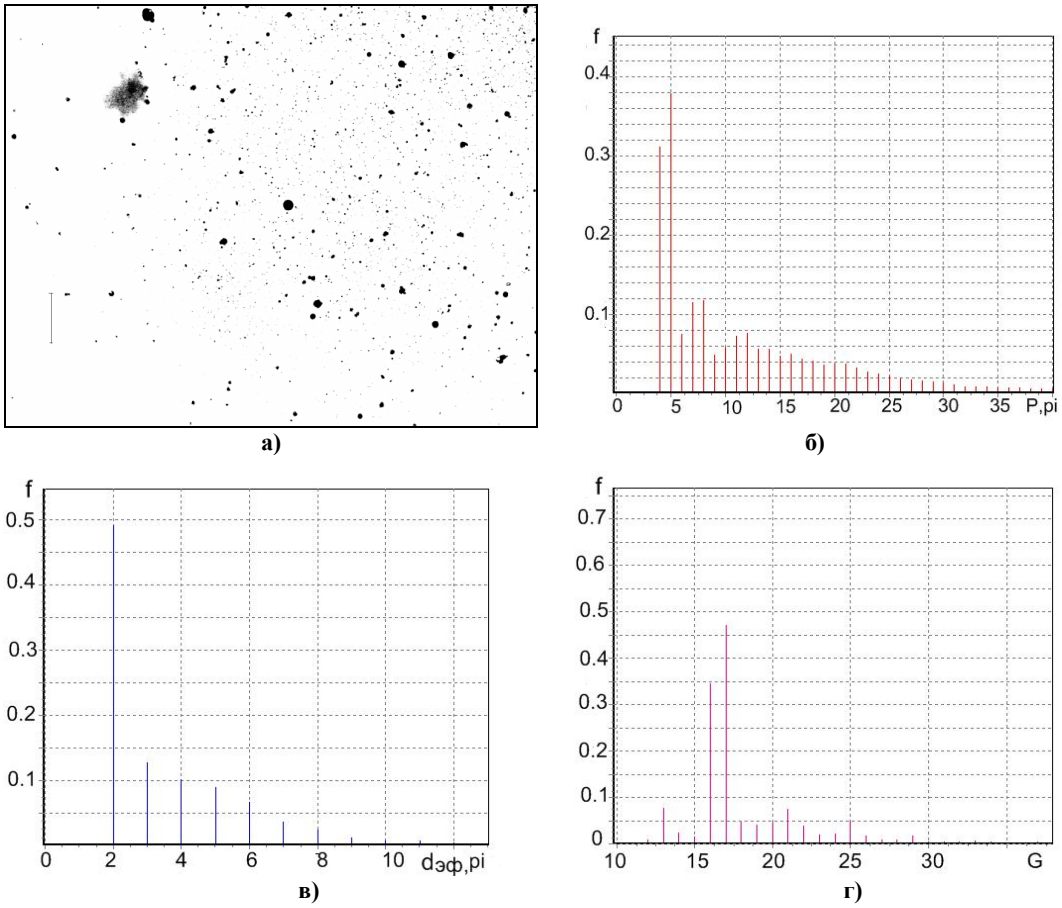


Рис. 1. ***а – участок пробоотборника (длина реперной линии 100 мкм); функции распределения частиц: б – по периметру, в – по эффективному диаметру, г – по форм-фактору***

Функции распределения частиц по выделенным параметрам приведены на рис. 1б, 1в, 1г. Размеры частиц выражены в пикселях. При увеличении микроскопа 1 мкм равен 2 пикселям. Функция распределения частиц по эффективному диаметру имеет максимум при $d_{эф} = 1$ мкм и с увеличением размеров частиц резко уменьшается. Более крупные частицы диаметром более 10 мкм имеют максимум на уровне 1 %.

Согласно данным, приведенным в табл. 1, распределение частиц правильной формы по форм-фактору можно трактовать по-разному. Наличие частиц сложной формы, состоящих из крупной и более мелких частиц, приводит к сдвигу максимума распределения в сторону увеличения значений G.

Таблица 1

Значения форм-фактора для правильных фигур

Фигура	Круг	Эллипс 2:1	Шестиугольник	Квадрат	Прямоугольник	
					2:1	4:1
G	12,56	14,1	13,9	16	18	25

Нами просчитаны изменения форм-фактора при слиянии двух частиц размерами R и r = 0,1R при разных расстояниях между центрами OO_1 от 0,9R до 1,1R. Такие размеры были взяты по результатам визуальных наблюдений под микроскопом. Значения форм-фактора для фиксированных расстояний OO_1 приведены в табл. 2. Последнее значение G характерно для соприкасающихся частиц.

Таблица 2

Изменение форм-фактора при разных расстояниях между частицами

OO_1	0,9R	0,95R	1,0R	1,05R	1,1R
G	12,56	12,79	12,95	14,56	15,05

Если на поверхности сферической частицы размерами R находятся несколько частиц размерами r = 0,1R, то форм-фактор такого образования также меняется. Расчетные значения G от числа мелких частиц, находящихся на расстоянии OO_1 = R, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Изменение форм-фактора от числа частиц

N	0	1	2	3	4	5
G	12,56	12,95	13,35	13,75	14,16	14,57

Приведенные в таблицах 2, 3 значения форм-фактора в распределении частиц не наблюдаются или таких частиц очень мало.

Агломерированные частицы одинаковых размеров также изменяют значения G в сторону увеличения. Под микроскопом такие частицы наблюдаются в виде эллипса с перетянутой шейкой. Например, если расстояние между центрами двух сферических частиц будет OO_1 = 1,2R, то форм-фактор такой частицы равен 16. При увеличении расстояния между ними до OO_1 = 1,4R форм-фактор становится равным G = 16,9. В распределении частиц по форм-фактору доля агломерированных частиц одинаковыми размерами составляет от 35 до 47 % (рис. 1г). По всей вероятности, агломерация происходит на поверхности горения состава, но полного слияния частиц с превращением в сферическую частицу большего размера не происходит. В газовой фазе столкновения частиц маловероятны, так как среднее расстояние между ними намного превосходит их собственные размеры.

Таким образом, исследованный ансамбль частиц является сложным и имеет бимодальное распределение частиц по размерам. Основной массе частиц характерны микронные размеры, а доля крупной фракции не превышает 1 %.

Ансамбль частиц в пламени находится в постоянном развитии, и это развитие имеет место как на поверхности горящего состава, так и в самом пламени.

При проведении микроскопического анализа получают выборку объектов разных размеров. Для удобства хранения и обработки информации обычно ее представляют функциональной зависимостью с несколькими параметрами. Как правило, при этом используются нормальный и логарифмически нормальный законы распределения (ЛНЗР) [1]. Однако указанные законы распределения не всегда адекватно описывают распределение объектов по размерам. Поэтому для описания дисперсного состава промышленных порошков и пылей рекомендуется [2] использовать не только ЛНЗР, но и формулы распределения Розина–Раммлера или Годена–Андреева (табл. 4).

Таблица 4

Формулы для описания распределения частиц по размерам

Распределение	**Формула интегральной кривой распределения**	**Формула дифференциальной кривой распределения**	**Параметры распределения**
Годена–Андреева	$D(d) = 0{,}8\left(\frac{d}{A}\right)^{l}$	$f(d) = 0{,}8lA^{-l}d^{l-1}$	A=10,5854 l = 0,1863
Розина–Раммлера	$D(d) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{d}{B}\right)^{A}\right]$	$f(d) = \frac{A}{d}\left(\frac{d}{B}\right)^{A}\exp\left[-\left(\frac{d}{B}\right)^{A}\right]$	A=0,7582 B=3,6983
Нормальное	$D(d) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\int_{-\infty}^{\delta}\exp\left[-\frac{(d-d_{50})^2}{2\sigma^2}\right]\delta d$	$f(d) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left[-\frac{(d-d_{50})^2}{2\sigma^2}\right]$	$d_{50=}$=-9,2382 σ=17,6356

Примечание: *f(d)* – значение дифференциальной кривой распределения объектов по размерам; *d* – размер объектов; σ – среднеквадратичное отклонение.

Таким образом, при анализе дисперсного состава порошков необходимо вначале определить вид функции распределения и только потом – параметры распределения. На практике вид функции распределения определяют с помощью специальных координатных сеток [2], на которые наносят экспериментальные данные. Считается [2], [3], что фракционный состав порошка описывает закон

$$f(d) = Be^{-bd^{p}}d^{a-1}, \qquad (1)$$

на координатной сетке которого график дисперсного состава наиболее близок к прямой линии. Очевидно, что данный метод достаточно субъективен. Здесь *a, b, p* – параметры распределения; *B* не является параметром, а находится из условия нормировки. Поэтому предлагается выбор функции распределения осуществлять по минимуму суммы квадратов двухпараметрических неувязки экспериментальной и расчетной интеграль-

ных кривых. При использовании формул для описания выборки возникают проблемы в сопоставлении параметров распределений объектов, описывающихся различными зависимостями.

Известна также трехпараметрическая формула Свенсона–Авдеева [2], которая имеет универсальный характер и позволяет избежать упомянутых трудностей. Данную формулу можно рассматривать как обобщение большинства известных эмпирических и теоретических законов статистического распределения случайных величин. При определенных значениях параметров *b, p* и *a* могут быть получены различные эмпирические уравнения статистического распределения случайной величины. При $a = p$ из уравнения (1) получается функция распределения Розина–Раммлера; при $b = 0$ или $p = 0$ – уравнение Годена–Андреева.

Параметры уравнения (1) не могут быть вычислены аналитически. Это ограничивало ранее практическое применение формулы Свенсона–Авдеева. С появлением мощных вычислительных машин появилась возможность расчета параметров численными методами с достаточной точностью.

Изложенная выше методика обработки изображений была использована в работе [1] для анализа дисперсного состава различных порошков. Статистическая обработка выборок производилась при помощи трех указанных выше уравнений. На основании результатов статистической обработки для описания дисперсного состава порошков магния марок МПФ-2 и МПФ-4 выбран ЛНЗР.

Судя по приведенным снимкам поверхности пробоотборника [1], число частиц, входящих в анализ, небольшое, хотя авторы пытаются объединить результаты расчетов нескольких полей зрения объекта исследования.

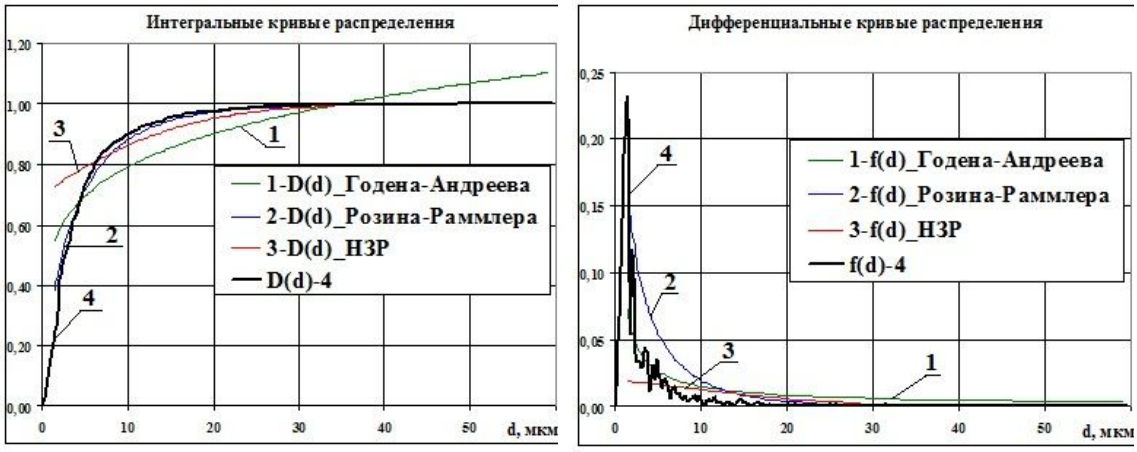


Рис. 2. ***Интегральные и дифференциальные кривые распределения частиц по размерам***

Для получения правильного закона распределения число исследуемых частиц должно быть более 1000. В данной работе также говорится о машинной обработке информации, которая дает возможность судить о форме частиц. Однако такие сведения в данной работе не приводятся. Конечно, частицы фрезерного магния по форме очень разнообразны и нельзя их однозначно описать.

Согласно приведенным в табл. 4 аналитическим формулам подсчитаны параметры распределений пробы, получены соответствующие коэффициенты в формулах (рис. 1а). Результаты расчетов в виде графиков представлены на рис. 2. Расчеты, проведенные по разработанным программам для интегрального и дифференциального распределений, показывают особенности распределений частиц в продуктах сгорания (кривая 4). Распределение Годена–Андреева (кривая 1) расходится с данной зависимостью как для малых, так и крупных размеров. Экспериментальная кривая 4 коррелируется с интегральным распределением Розина–Раммлера (кривая 2), однако дифференциальное распределение имеет расхождение в области размеров частиц – d<20 мкм. Нормальное распределение (кривая 3) коррелируется с данной зависимостью только для частиц размером более 20 мкм.

Такое расхождение в описании ансамбля дисперсных частиц говорит о том, что в пламени процесс образования дисперсных частиц идет по более сложным законам.

Резюме. Исследованный ансамбль частиц является сложным и содержит бимодальное распределение частиц по размерам. Основная масса частиц имеет микронные размеры, а доля крупной фракции не превышает 1 %. Ансамбль частиц в пламени находится в постоянном развитии, и это развитие имеет место как на поверхности горящего состава, так и в самом пламени. Также предложен алгоритм обработки изображений порошков и осуществлена программная реализация численного поиска коэффициентов уравнения Свенсона–Авдеева, позволяющая находить аналитическое выражение функции распределения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Королев, Д. В.* Анализ дисперсного состава микроскопических объектов с использованием ЭВМ / Д. В. Королев, К. А. Суворов // Математические методы в технике и технологиях : сб. трудов XIX Межд. науч. конф. (30 мая – 2 июня 2006 г.). – Воронеж : ВГТА, 2006. – С. 6–12.

2. *Коузов, П. А.* Методы определения физико-химических свойств промышленных пылей / П. А. Коузов, Л. Я. Скрябина. – Л. : Химия, 1983. – 143 с.

3. *Коузов, П. А.* Основы анализа дисперсного состава промышленных пылей и измельченных материалов / П. А. Коузов. – Л. : Химия, 1987. – 264 с.

4. *Ксенофонтов, С. И.* Дисперсные частицы в продуктах горения порохов / С. И. Ксенофонтов, А. Н. Лепаев // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 90–96.

5. *Ксенофонтов, С. И.* Дисперсный состав продуктов сгорания алюминий содержащих составов / С. И. Ксенофонтов, А. М. Порфирьев // Вестник Казанского государственного технологического университета. – Казань : КГТУ, 2010. – № 8. – С. 323–328.

6. *Лепаев, А. Н.* Дисперсный состав продуктов сгорания пламен конденсированных систем, содержащих алюминий / А. Н. Лепаев, А. М. Порфирьев, С. И. Ксенофонтов // Дисперсные системы : материалы XXIV научной конференции стран СНГ. – Одесса : ОГУ, 2010. – С. 198–199.

7. *Микрокомпьютеры* в физиологии / пер. с англ. ; под ред. П. Фрайзера. – М. : Мир, 1990. – 283 с.

8. *Порфирьев, А. М.* Программа «Частица» [Электронный ресурс] / А. М. Порфирьев, С. И. Ксенофонтов, А. Н. Лепаев. – Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 15858. – М. : ИНИиМ, 2010. – 1024 Мбт.

УДК 664.66

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕСТА, РАЗМОРОЖЕННОГО ПРИ ПОМОЩИ СВЧ-УСТАНОВКИ, И ВЫПЕЧЕННЫХ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

QUALITY ASSESSMENT OF DOUGH DEFROSTED BY MICROWAVE UNIT AND OF BAKERY PROUCTS

О. В. Лукина, Д. В. Лукина

O. V. Lukina, D. V. Lukina

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В данной работе дается оценка качества размороженного теста и хлебобулочных изделий с использованием балльных шкал.

Abstract. This work gives the assessment of quality of defrosted dough and bakery products by means of mark scales.

Ключевые слова: *замороженное тесто, хлебобулочные изделия, оценка качества, влажность, кислотность, пористость, СВЧ-установка.*

Keywords: *frozen dough, bakery products, quality assessment, humidity, acidity, porosity, microwave unit.*

Актуальность исследуемой проблемы. Размороженные хлебобулочные полуфабрикаты, предназначенные для технологической переработки в хлебобулочные изделия, должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 52697-2006 «Полуфабрикаты хлебобулочные замороженные и охлажденные. Общие технические условия». Поэтому разработка установки для термообработки замороженных тестовых заготовок в условиях сельских пекарен, позволяющей повысить качество размороженного теста и снизить энергетические затраты на размораживание, является актуальной научной задачей [2], [4].

Материал и методика исследований. *Влажность теста* определяли экспресс-методом. Для измерения влажности также использовали влагометр ВЭ-2М, метод, основанный на измерении электропроводности теста и готовых изделий. Чем выше влажность пробы, тем выше электропроводность. *Кислотность.* На электронных весах EN-405 взвесили пятиграммовое размороженное тесто с точностью до 0,01 г. Далее навеску поместили в колбу вместимостью 100…250 $см^3$, в которую затем налили 50 $см^3$ дистиллированной воды, внесли по 2…3 капли 0,1 нормального раствора NaOH до появления розоватой окраски, которая не исчезает около 1 минуты. *Температура.* Для измерения температуры из ячейки взяли размороженный кусок теста, вставили термометр, сняли показания. Температуру выпеченных хлебобулочных изделий определили непосредственно при выходе из печи. *Пористость* изделий определяли с помощью пробника Журавлева [1], [3].

Результаты исследований и их обсуждение. Нами проведено в четырехкратной повторности испытание трех образцов размороженного теста:

1) контрольного образца теста № 1, размороженного при комнатной температуре;
2) опытного образца теста № 2, размороженного в расстоечном шкафу;
3) опытного образца теста № 3, размороженного в СВЧ-установке.

Проведена оценка размороженного теста и хлебобулочных изделий опытных и контрольного образцов на основе физико-химических показателей, которые подтверждены протоколами испытаний ФГУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Чувашской Республике» (табл. 1): № 1196 от 19.08.2013 г. – на качество размороженного теста; № 1197 от 19.08.2013 г. – на качество хлебобулочных изделий.

Таблица 1

Физико-химические показатели размороженного теста, хлебобулочных изделий

Показатели	Результаты исследования			Единица измерения	НД на метод исследования
Размороженное тесто					
Влажность	54,0	53,0	49,0	%	ГОСТ 21094-75
Кислотность	3,0	3,5	2,5	град.	ГОСТ 5670-96
Хлебобулочные изделия					
Влажность мякиша	44,0	43,0	42,5	%	ГОСТ 21094-75
Кислотность мякиша	2,0	2,0	1,5	град.	ГОСТ 5670-96
Пористость мякиша	73,0	73,0	81,0	%	ГОСТ 5889-96

Данные таблицы сведены в диаграммы (рис. 1).

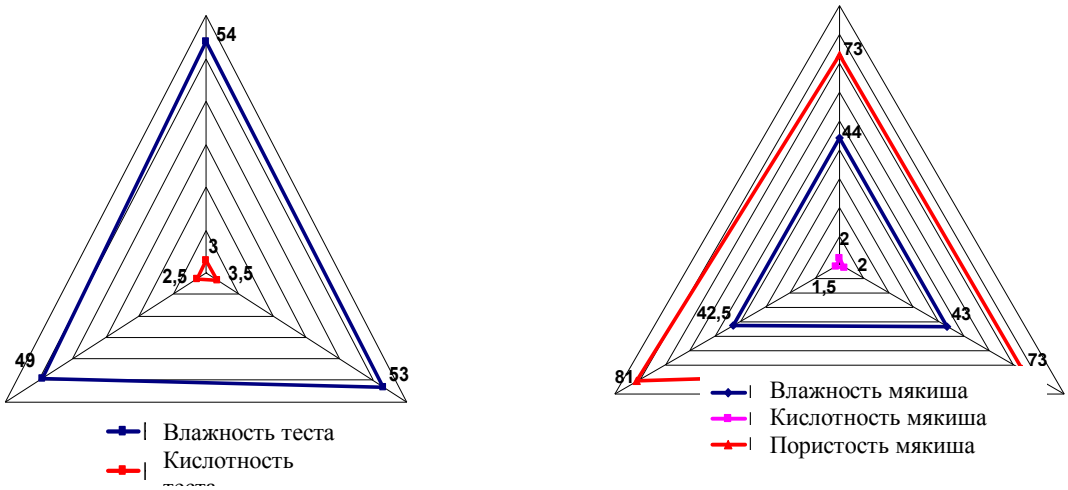


Рис. 1. ***Диаграммы физико-химических показателей: а) размороженного теста; б) хлебобулочных изделий***

Оценка размороженного теста и хлебобулочных изделий с использованием разработанных балльных шкал. При оценке качества образцов хлеба белого формового важными показателями являются цвет, форма, состояние мякиша, запах, вкус. Эти показатели устанавливаются при помощи органов чувств: обаяния, осязания, вкуса и зрения.

Для проведения дегустации и оценки качества размороженного теста и хлеба белого с помощью пятибалльной шкалы рассчитанные комплексные показатели качества сведены в табл. 2 для каждого из образцов:

1) контрольного образца № 1 (хлеб пшеничный из муки 1-го сорта, выпеченный из теста, размороженного в помещении при комнатной температуре);

2) опытного образца № 2 (хлеб пшеничный из муки 1-го сорта, выпеченный из теста, размороженного в расстоечном шкафу);

3) опытного образца № 3 (хлеб пшеничный из муки 1-го сорта, выпеченный из теста, размороженного в СВЧ-установке).

Таблица 2

Оценка категории качества размороженного теста

Наименование и номер образца	**Комплексный показатель качества**	**Категория качества**
Контрольный образец № 1	11,7	Едва удовлетворительное
Опытный образец № 2	15,6	Хорошее
Опытный образец № 3	19,5	Отличное

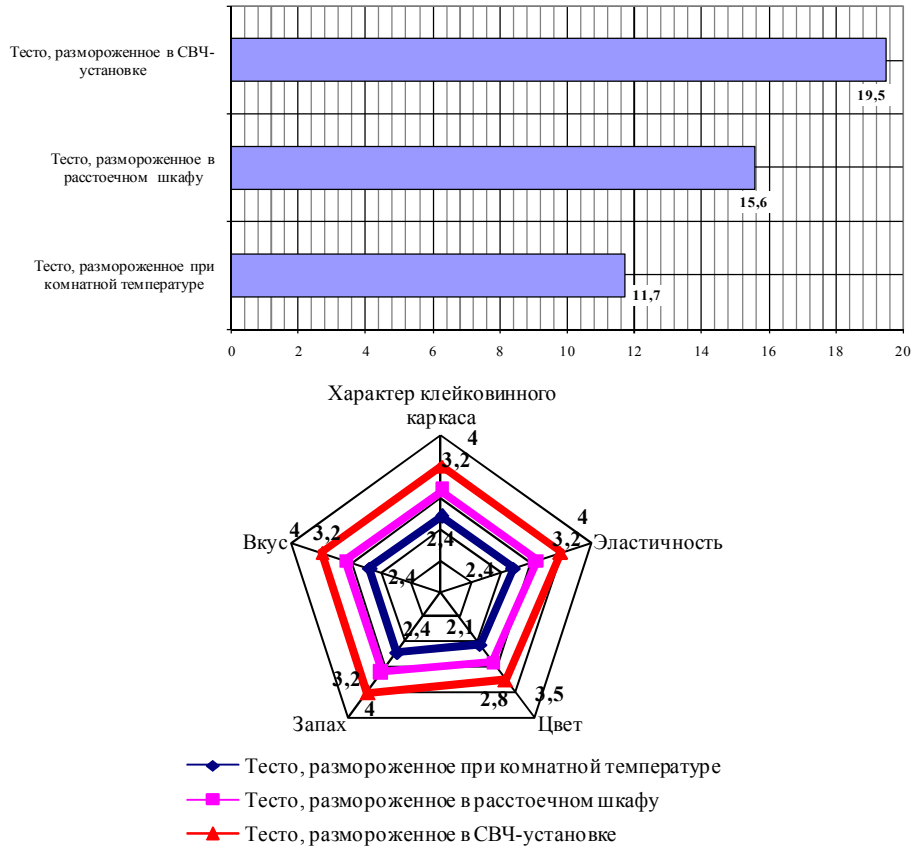


Рис. 2. ***Графики органолептических показателей размороженного теста***

Проведены оценка категории качества размороженного теста и дегустационная проверка качества исследуемых хлебобулочных изделий с помощью пятибалльной шкалы. Расчет комплексного показателя качества представим в отдельных таблицах для каждого из образцов (табл. 2, 3). Данные таблиц сведены в графики, представленные на рис. 2, 3.

Таблица 3

Оценка категории качества образцов хлеба

Наименование и номер образца	**Комплексный показатель качества**	**Категория качества**
Контрольный образец № 1	14,2	Пищевая
Опытный образец № 2	16,0	Вторая
Опытный образец № 3	19,32	Высшая

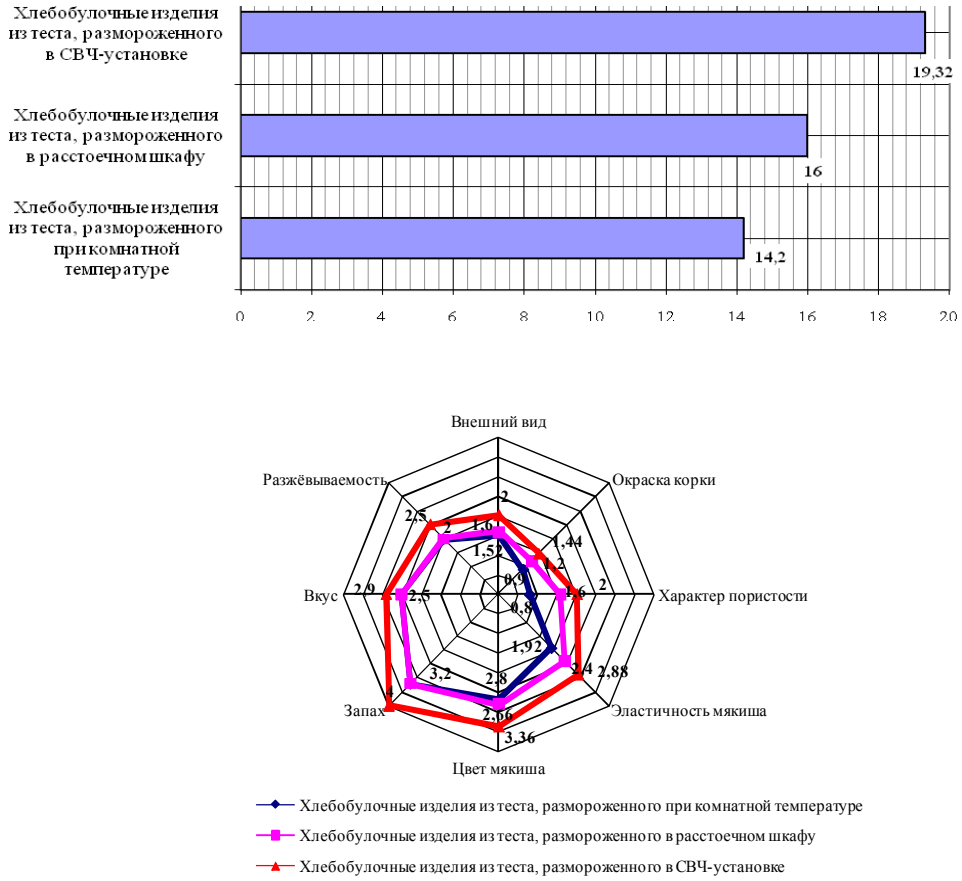


Рис. 3. ***Графики органолептических показателей хлебобулочных изделий***

Резюме. На основании полученных данных пришли к выводу, что качество исследуемых образцов теста, размороженного в СВЧ-установке, и готовых хлебобулочных изделий можно характеризовать как отличное. Размороженное тесто имеет развитый клейковинный каркас, вкус и запах, свойственный выброженному тесту, хлебобулочное изделие – привлекательный внешний вид, приятный вкус и аромат, высокий объем, развитую пористость.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ауэрман, Л. Я.* Технология хлебопекарного производства : учебник / Л. Я. Ауэрман ; под общ. ред. Л. И. Пучковой. – 9-е изд., перераб. и доп. – СПб. : Профессия, 2002. – 416 с.

2. *Бондаренко, Л. П.* Влияние условий замораживания на качество хлеба / Л. П. Бондаренко, Н. М. Иванченко // Качество и сохраняемость продовольственных товаров : сб. науч. тр. (межвузовский). – СПб., 1992. − С. 146–150.

3. *Зельман, Г. С.* Технология замораживания хлебобулочных и мучных кондитерских изделий / Г. С. Зельман, Т. И. Ильинская. – М. : Пищевая промышленность, 1969. − 212 с.

4. *Лукина, Д. В.* Сверхвысокочастотный активатор дрожжей / Д. В. Лукина, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 101–103.

УДК 638.171

СВЧ-УСТАНОВКА ДЛЯ ВЫТОПКИ ПАСЕЧНОГО ВОСКА

MICROWAVE INSTALLATION FOR WAX RESIDUE

Е. Г. Максимов, Е. Ю. Сергеева

E. G. Maksimov, E. Y. Sergeeva

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Разработана установка для вытопки пасечного воска с использованием энергии электромагнитных излучений, используемая в переработке воскового сырья.

Abstract. The article considers the installation for wax residue using the energy of electromagnetic radiation that is employed in processing wax.

Ключевые слова: *диэлектрические параметры воска, эндогенный нагрев, перфорированный объемный резонатор, восковое сырье, энергетические затраты.*

Keywords: *dielectric parameters of wax, endogenous heating, perforated resonator, wax, energy costs.*

Актуальность исследуемой проблемы. Анализ ресурсов и объемов переработки пасечного воска показал, что объем производства в 2012 г. в России достиг около 40 тыс. в год, в Чувашской Республике он колеблется в пределах 700…800 т, но при этом трудовые затраты достаточно высокие из-за малой механизации процесса [2]. В настоящее время приоритетным направлением технической политики является создание надежной малогабаритной техники для переработки сырья в пасечных условиях, позволяющей снизить трудовые ресурсы. Для обеспечения стабильного функционирования воскотопок актуальным является использование сверхвысокочастотной энергии, позволяющей увеличить скорость вытопки воска и получить продукт достаточно хорошего качества.

Материал и методика исследований. Методика исследований включала: составление структурной схемы процесса термообработки пасечного воска; обоснование теории взаимодействия отдельных рабочих узлов установки с сырьем; обоснование добротности перфорированной резонаторной камеры и напряженности электрического поля; составление алгоритма согласования конструктивных параметров и режимов работы СВЧ-установки; исследование динамики нагрева воскового сырья.

Результаты исследований и их обсуждение. *Целью* научно-исследовательской работы является разработка, обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы установки для вытопки пасечного воска с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ). Для достижения поставленной цели решаются следующие научные задачи:

1) разработать методику воздействия ЭМП СВЧ на пасечный воск;

2) получить аналитические выражения, позволяющие обосновать конструкционные параметры и режимы работы воскотопки;

3) выявить эффективные параметры установки (производительность воскотопки, удельную мощность СВЧ-генератора и скорость термообработки пчелиного воска), позволяющие снизить энергетические затраты и улучшить качество продукта;

4) оценить технико-экономическую эффективность применения СВЧ-воскотопки в пасеках.

Объектами исследования служат технологическое оборудование и технологический процесс вытопки пасечного воска; исходное восковое сырье и вытопленная продукция.

Предмет исследования – выявление закономерностей процесса вытопки пасечного воска в ЭМП СВЧ.

Существуют разные конструкции воскотопок, где процесс выделения воска из воскосырья осуществляется за счет разваривания его в пароводяной смеси с помощью традиционного энергоподвода [1], [3]. При этом сократить потери при переработке сырья до минимума не удается и качество воска не всегда удовлетворяет нормативным показателям. За счет бактериальной обсемененности воска развиваются болезни пчел, передаваемые через вощину. Основные недостатки воскотопок: трудоемкость; большие потери воска на угар; воск темнеет, следовательно, ухудшаются товарные качества вощин.

Для обоснования конструктивно-технологических параметров и режимов работы установки анализированы электрофизические характеристики воска. Они позволяют оценить поведение продукта в ЭМП СВЧ. На рис. 1 представлены диэлектрические характеристики воска в зависимости от частоты при температурах 25 °С.

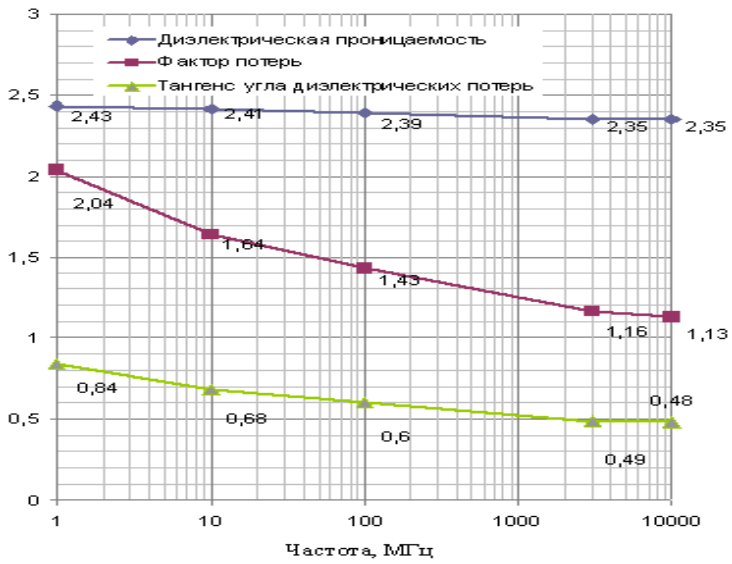


Рис. 1. ***Диэлектрические характеристики воска при температуре 25 °С***

Диэлектрическая проницаемость воска при частоте 2450 МГц равна 2,35, а фактор потерь – 1,17. Технологическая схема переработки пасечного воска предусматривает получение готового воскового продукта после откачки меда, вытапливания воскового сырья и прессования в пасечных условиях. Предварительные исследования показывают, что если в качестве базового варианта представить воскотопку марки ВТП-17, то в течение

45 минут из воскового сырья можно извлечь до 2 кг воска за один цикл, а в случае использования СВЧ-установки – 8…10 кг за один цикл. Машинно-аппаратная схема переработки пасечного воска представлена на рис. 2.

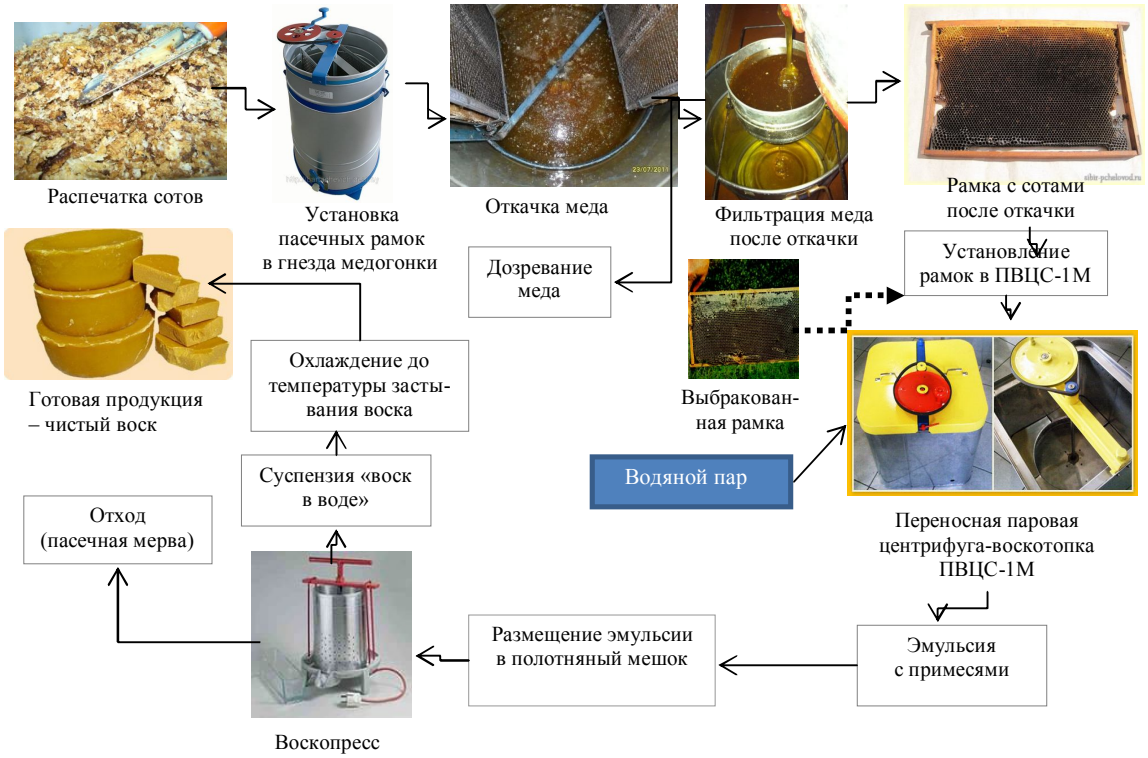


Рис. 2. ***Машинно-аппаратная схема переработки пасечного воска***

Разрабатываемая установка (рис. 3) (на данную установку авторами подана заявка на патент) включает процессы измельчения исходного воскового сырья, распыления пароводяной смеси в рабочую камеру, эндогенного нагрева измельченного воскового сырья, центрифугирования расплавленного воска. При этом исходным продуктом является восковое сырье, освобожденное из рамок и проволок. СВЧ-воскотопка состоит из экранного корпуса 4, внутри которого расположена резонаторная камера 3, выполненная в виде перфорированного барабана с возможностью вращения от электропривода. Параллельно с тыльной стороны образующей барабана расположен нагревательный элемент, который погружен в сырье. Для измельчения исходного сырья предусмотрен волчок 5. Эндогенный нагрев осуществляется за счет СВЧ-генераторного блока 7 с излучателем, а нагрев частично вытопленного сырья – нагревательного элемента 10.

Процесс вытопки воскового сырья происходит следующим образом. Воск с помощью волчка 5 измельчается и попадает в перфорированную резонаторную камеру (барабан), где подвергается эндогенному нагреву за счет токов поляризации под воздействием ЭМП СВЧ и кондуктивному нагреву от горячей поверхности барабана. Последний нагревается вытопленным воском 8, окружающим трубчатый электронагреватель 10. Процесс вытопки происходит в проточном режиме, поэтому скорость выгрузки готовой продукции регулируется вентилем 11. Через вентиль 2 подается в непрерывном режиме паро-во-

дяная смесь внутрь экранного корпуса 4. Скорость эндогенного нагрева измельченного сырья за счет пароводяной смеси резко увеличивается, качество готовой продукции улучшается. Для обоснования режимных параметров воскотопки изучены диэлектрические характеристики воска при разных температурных режимах. Диэлектрическая проницаемость воска колеблется от 2,5 до 2,3 (а фактор потерь – от 2 до 1,16). Фактор потерь при превышении температуры резко увеличивается, а вязкость уменьшается с 7,17 до 1,29 Па·с.

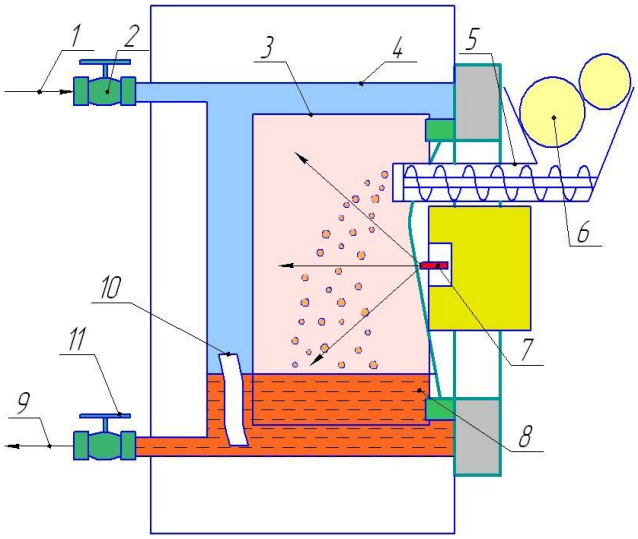


Рис. 3. ***СВЧ-воскотопка: 1 – горячая вода; 2 – вентиль для потока воды; 3 – резонаторная камера; 4 – экранный корпус; 5 – измельчитель сырья (волчок); 6 – восковое сырье; 7 – СВЧ-генераторный блок с излучателем; 8 – вытопленный воск; 9 – слив вытопленного воска; 10 – трубчатый электронагреватель; 11 – вентиль***

Резюме. Из результатов исследований динамики эндогенного нагрева пасечного воска предварительно выявлены эффективные режимные параметры СВЧ-воскотопки: производительность составляет в пределах 10 кг/ч; скорость нагрева продукта – 0,6…0,8 °С/с; удельная мощность СВЧ-генератора – 4…8 Вт/г; потребляемая мощность СВЧ-генераторов – 2…2,2 кВт. Удельные энергетические затраты на вытопку воска будут равны 0,2 кВт·ч/кг.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Киреев, Ю. В.* Технология переработки воска с применением энергии электромагнитного поля СВЧ-диапазона / Ю. В. Киреев, А. Ю. Киреев, Г. Г. Гнатенко // Исследовано в России [Электронный ресурс] : многопредмет. науч. журн. / Моск. физ.-тех. ин-т. – Электрон. журн. – Режим доступа к журн.: http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2004/101.pdf

2. *Мегедь, А. Г.* Пчеловодство / А. Г. Мегедь, В. П. Полищук. – М. : Высшая школа, 1990. – 325 с.

3. *Новикова, Г. В.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / Г. В. Новикова, М. В. Белова, Д. В. Поручиков // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 8–12.

УДК 547.462.3 + 547.583.5

РЕАКЦИИ α-ФУРИЛМЕТАНОЛА С N-(АЦИЛАМИНОФЕНИЛ)МАЛЕИНИМИДАМИ

REACTIONS OF α-FURYLMETHANOL WITH N-(ACYLAMINOPHENYL)MALEINIMIDS

Ю. Н. Митрасов, А. А. Авруйская, И. Н. Смолина

Y. N. Mitrasov, A. A. Avruyskaya, I. N. Smolina

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Установлено, что α-фурилметанол реагирует с N-(ациламинофенил)малеинимидами по схеме [4+2]-циклоприсоединения.

Abstract. It has been established that α-furylmethanol reacts with N-(acylaminophenyl)maleinimids by [4+2]-cycloaddition scheme.

Ключевые слова: *малеиновый ангидрид, N-(ациламинофенил)малеинимиды, α-фурилметанол, диеновый синтез.*

Keywords: *maleic anhydride, N-(acylaminophenyl)maleinimids, α-furylmethanol, diene synthesis.*

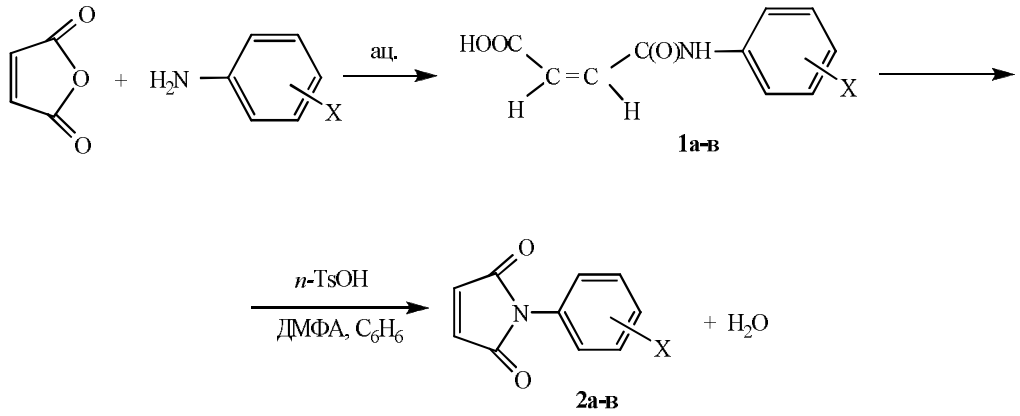
Актуальность исследуемой проблемы. Анализ научной литературы показал, что соединения, содержащие амидную или имидную группы, проявляют разнообразную биологическую активность. Поэтому разработка новых методов синтеза соединений, содержащих указанные фармакофорные группы, представляет повышенный интерес. Перспективными в этой области представляются исследования, направленные на модификацию продуктов диенового синтеза малеинимидов и функциональных производных фурана различными биогенными группами, в частности, производными кислот фосфора и бора, а также циклопропана и других карбоциклов [2], [3], [4], [5], [6], [10]. В связи с этим с целью расширения ассортимента биологически активных соединений и в продолжение работы [7] нами проведен синтез N-(ациламинофенил)-малеинимидов и изучены их свойства.

Материал и методика исследований. Строение синтезированных соединений подтверждали методами ИК- и ЯМР ^{1}H-спектроскопии, элементного и функционального анализов. Анализ методом ТСХ проводили на пластинах «*Silufol*», подвижная фаза – этанол-хлороформ, 1 : 8; проявитель – пары йода. Элементный анализ осуществили на анализаторе фирмы *Parkin Elmer 2400 CHN*. ИК-спектры снимали на инфракрасном Фурье-спектрометре ФСМ 1202; призма KBr в диапазоне 500-4000 см$^{-1}$, твердые вещества исследовались в виде суспензии в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ^{1}H зарегистрированы на спектрометре *Bruker WM* – 250 (250 Мгц), внутренний стандарт – диметилсульфоксид.

В качестве исходных малеинимидов были использованы N-(ацетиламино)-, N-(*м*-бензоиламино)- и N-(*п*-пиперидинил-1-карбамоилметил)фенилмалеинимиды (**2а-в**), которые синтезировали в две стадии. Первоначально взаимодействием эквимольных количеств малеинового ангидрида с соответствующими замещенными анилинами в среде ацетона или бензола получали малеамовые кислоты (**1а-в**), которые на второй стадии подвергали циклизации при нагревании с уксусным ангидридом в присутствии ацетата натрия в среде N,N-диметилформамида или путем азеотропной отгонки воды в среде диметилформамид – бензол (или толуол) в присутствии *п*-толуолсульфокислоты до малеинимидов (**2а-в**).

Строение имидов (**2а-в**) подтверждали данными ЯМР ^{1}H- и ИК-спектроскопии. В ИК-спектре малеинимидов имеются следующие сигналы: 3370 см$^{-1}$ – валентные колебания связи N–H, 3060-3080 см$^{-1}$ – валентные колебания C–H связей имидного и бензольного колец, 1707-1711, 1665-1670 см$^{-1}$ – валентные колебания C=O группы малеинимидного кольца и амидной группы. В спектрах ЯМР ^{1}H протоны малеинимидного цикла и амидной группы дают синглеты с δ 7,18-7,20 и 10,40 м.д. соответственно. Протоны ароматических колец проявляются в области 7,09-7,97 м.д.

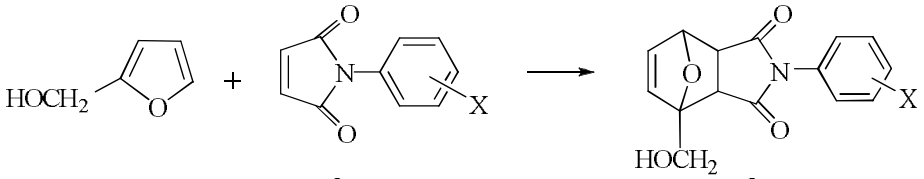
Общую схему проведенных превращений можно представить в следующем виде:



X = 4-NHC(O)CH$_3$ (а), 3-NHC(O)C$_6$H$_5$ (б), 4-C$_5$H$_{10}$NC(O)CH$_2$ (в).

Малеинимиды (**2а-в**) представляют собой твердые вещества желтого или светло-коричневого цвета, растворимые в органических растворителях.

Результаты исследований и их обсуждение. Взаимодействие N-(ациламинофенил)-малеинимидов (**2а-в**) с α-фурилметанолом проводили при эквимольном соотношении реагентов при температуре от 25 до 80°C. В качестве растворителя использовали абсолютный 1,4-диоксан или смесь бензола с N,N-диметилформамидом. После завершения реакции (контроль по данным ТСХ) отгоняли растворители и получали аддукты диенового синтеза в виде порошков желтого или телесного цвета, которым по данным ИК-спектра соответствуют структуры 4-аза-4-(ациламинофенил)-1-гидроксиметил-10-окса-3,5-диоксотрицикло[5,2,1^{1,7},0^{2,6}]дец-8-енов (**3а-в**).

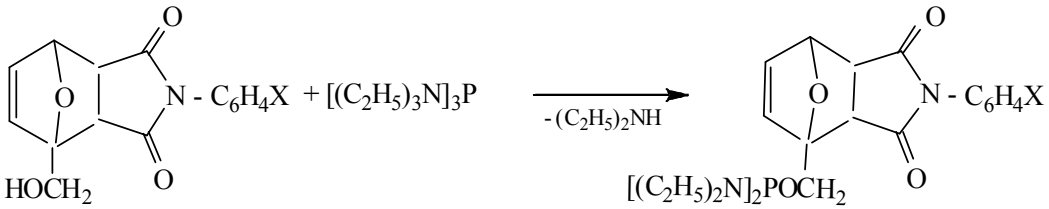


2а-в **3а-в**

X = 4-NHC(O)CH_3 (а), 3-NHC(O)C_6H_5 (б), 4-C_5H_{10}NC(O)CH_2 (в).

В ИК-спектрах соединений (**3а-в**) наличие спиртовой группы однозначно подтверждается полосой поглощения валентных колебаний О–Н связи с максимумом в области 3276-3484 $см^{-1}$. Такое смещение полосы поглощения от стандартной (3580-3670 $см^{-1}$) может указывать на образование водородной связи с участием гидроксильной и карбонильной групп. Наряду с этим в спектрах наблюдаются интенсивные полосы поглощения, характерные для валентных колебаний С=О связи имидной (1706-1708 $см^{-1}$) и амидной (1661-1670 $см^{-1}$) групп. Также в спектре имеются валентные колебания для эфирной группы (1030-1083 $см^{-1}$), N–H связи (ν 3330 $см^{-1}$, δ_{N-H} 1600 $см^{-1}$), двойной связи ($\nu_{C=C}$ 1625-1635 $см^{-1}$) и ароматического кольца (ν_{C-C} 1599, 1533 $см^{-1}$, ν_{C-H} 3059-3079 $см^{-1}$).

Соединения (**3а-в**) содержат спиртовую, имидную и нитрогруппы, двойную связь, поэтому они являются перспективными синтонами для введения различных групп, обладающих биологической активностью. В этом плане несомненный интерес представляет фосфорилирование по спиртовой группе. В качестве фосфорилирующего агента нами был использован легкодоступный гексаэтилтриамид фосфористой кислоты. Реакции проводили при эквимольном соотношении реагентов в среде абсолютного бензола или 1,4-диоксана в атмосфере азота. При смешении компонентов наблюдался экзотермический эффект. Для завершения реакции нагревали смесь до 50°С. Контроль над протеканием реакций осуществляли с помощью ТСХ, а также по количеству выделившегося диэтиламина. Продукт фосфорилирования соединения (**3б**) выпал в осадок, а в остальных случаях они были получены в виде маслообразных или гигроскопичных веществ после отгонки растворителя и диэтиламина. По данным ИК-спектров им соответствуют структуры бис(N,N-диэтиламидо){4-аза-4-ациламинофенил-10-окса-3,5-диоксотрицикло[5,2,$1^{1,7}$,$0^{2,6}$]дец-8-енил-1-}метилфосфитов (**4а-в**).



3а-в **4а-в**

X = 4-NHC(O)CH_3 (а), 3-NHC(O)C_6H_5 (б), 4-C_5H_{10}NC(O)CH_2 (в).

В ИК-спектрах соединений (**4а-в**) наблюдаются интенсивные полосы поглощения, характерные для валентных колебаний С=О связи имидной группы (1708 $см^{-1}$). В спектре также имеются валентные колебания для Р-О-С группы (1020-1060 $см^{-1}$), двойной связи ($\nu_{C=C}$ 1625 $см^{-1}$) и ароматического кольца (ν_{C-C} 1535 $см^{-1}$, ν_{C-H} 3065 $см^{-1}$).

Известно, что многие производные малеиновой кислоты находят применение в качестве пестицидов, поскольку они проявляют высокую инсектицидную, фунгицидную и гербицидную активность [1], [8], [9]. Поэтому представляет повышенный интерес выявление биологической активности синтезированных N-(ациламинофенил)малеин-амидов (**1а-в**). Для достижения этой цели нами было изучено влияние амидов (**1а-в**) на энергию прорастания (ЭП) и лабораторную всхожесть семян (ЛВ) сельскохозяйственных культур согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». Были использованы семена ржи сорта «Безенчукская».

Определение энергии прорастания в опытах и контрольных пробах показало, что 0,01% водные растворы аминозамещенных малеинамидов (**1а-в**) оказывают стимулирующее действие на ЭП и ЛВ семян ржи.

Резюме. N-Ациламинофенилмалеинимиды взаимодействуют с α-фурилметанолом с образованием 4-аза-4-N-(ациламинофенил)-1-гидроксиметил-10-окса-3,5-диоксотрицикло[5,2,$1^{1,7}$,$0^{2,6}$]дец-8-енов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Заявка* 3712987 (1988) ФРГ, МКИ С07 D209/48, А01 N39/02, С07 С131/00. N-Arylpyrrolin-2,5-dione / Stetter Jörg Santel Hans-Joachim, Schmidt Robert R., Lürsen Klaus Strang Harry. – Заявл. 16.04.1987; опубл. 10.11.1988 // РЖХим. 1989. 160382П.

2. *Колямшин, О. А.* Малеинимиды : синтез, свойства, биологическая активность / О. А. Колямшин, В. А. Данилов, С. Ю. Васильева. – М., 2010. – 75 с. – Деп. в ВИНИТИ, №250-В2010 от 06.05.2010.

3. *Митрасов, Ю. Н.* Реакции борнан-2-ола с производными фосфорной кислоты / Ю. Н. Митрасов, П. И. Федоров, И. Н. Смолина Н. А. Лукичева, А. В. Гаврилова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2011. – № 2 (70). Ч. 1. – С. 112–118.

4. *Митрасов, Ю. Н.* Реакции карбонильных производных бицикло [4.1.0] гептана с эфирами кислот фосфора (III) / Ю. Н. Митрасов, Н. А. Лукичева, О. В. Кондратьева, Д. А. Соснов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2011. – № 2 (70). Ч. 1. – С. 108–111.

5. *Митрасов, Ю. Н.* Синтез и биологическая активность фосфорилированных амидов циклопропан- и циклобутанкарбоновых кислот / Ю. Н. Митрасов, М. А. Фролова // Вестник Казанского технологического университета. – 2009. – № 6. – С. 29–33.

6. *Митрасов, Ю. Н.* Синтез и свойства 2,2-дихлорциклопропилметилборатов / Ю. Н. Митрасов, О. В. Кондратьева, А. В. Гаврилова // Журнал общей химии. – 2008. – Т. 78. – Вып. 10. – С. 1755.

7. *Митрасов, Ю. Н.* Реакции производных 2,5-дигидро-2,5-диоксо-1-Н-пиррол-1-иларенкарбоновых (-фосфоновых) кислот с фурфуриловым спиртом / Ю. Н. Митрасов, И. В. Гордеева, О. В. Кондратьева, А. А. Авруйская, О. Е. Кириллова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 104–107.

8. *Патент* 3850955 (1974) США, МКИ С 07 D 27/18. N-(trifluoromethyl- and trifluoromethylhalophenyl)-maleimides / Bublitz Donald E. – Заявл. 17.11.1972 ; опубл. 26.11.1974 // РЖХим. 1975. 170373П.

9. *Патент* 938 (1973) Япония, МКИ А01 N9/22. Новые инсектицидные эфиры циклопропандикарбоновой кислоты / Окуно Йоситоси, Каванами Тору, Мидзутани Тосио, Сакадани Нобусигэ, Танака Сигэя. – Заявл. 10.12.1969 ; опубл. 12.01.1973 // РЖХим. 1973. 22Н528П.

10. *Mitrasov, Yu. N.* Synthesis and properties of gem-dichlorocyclopropylmethylborates / Yu. N. Mitrasov, O.V. Kondratyeva, A.V. Gavrilova // Russian Journal of General Chemistry. – 2008. – V. 78. – № 10. – P. 1992–1993.

УДК 547.462.3+547.583.5

РЕАКЦИИ N-ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ ФУРАНА С N-ФЕНИЛ-2,5-ДИГИДРОПИРРОЛ-2,5-ДИОНОМ

REACTIONS OF N-FUNCTIONALIZED FURAN DERIVATIVES WITH N-PHENYL-2,5-DIHYDROPYRROLE-2,5-DION

Ю. Н. Митрасов, Л. М. Садикова, И. В. Митрофанова, С. П. Яшкильдина

Y. N. Mitrasov, L. M. Sadikova, I. V. Mitrofanova, S. P. Yashkildina

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Установлено, что N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-дион реагирует с 2-(N,N-диэтиламинометил) фураном, 2,4-динитрофенилгидразоном и тиосемикарбазоном фурфурола по схеме [4+2]-циклоприсоединения.

Abstract. It has been established that N-phenyl-2,5-dihydropyrrole-2,5-dion reacts with 2-(N,N-diethylaminomethyl) furan, 2,4-dinitrophenylhydrazone and thiosemicarbazone of furfurol according to the scheme of [4+2]-cycloaddition.

Ключевые слова: *фурфурол, N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-дион, 2-(N,N-диэтиламинометил)фуран, 2,4-динитрофенилгидразон и тиосемикарбазон фурфурола.*

Keywords: *furfurol, N-phenyl-2,5-dihidropyrrole-2,5-dion, 2-(N,N-diethylaminomethyl)furan, 2,4-dinitrophenylhidrazone, thiosemicarbazone of furfurol.*

Актуальность исследуемой проблемы. Анализ научной и патентной литературы показал, что в последние годы интенсивно проводятся исследования по синтезу и изучению свойств производных 2,5-дигидропиррол-2,5-дионов (малеинимидов), что обусловлено наличием высокоактивной двойной связи, а также большим прикладным значением этих соединений [5], [6]. В частности, структурный фрагмент малеинимида входит в состав медицинских препаратов и пестицидов широкого спектра действия [3]. Весьма перспективным в этом направлении представляется использование реакций диенового синтеза N-арилмалеинимидов с активными диенофилами [2], [4], [7]. Так, ранее нами было показано, что N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-дион реагирует с α-фурилметиленарил-аминами и α-фурил(N-ариламино) метилфосфонатами по схеме [4+2]-циклоприсоединения [2]. В продолжение этих исследований с целью установления влияния природы заместителя на реакционную способность фуранового цикла повышенный интерес представляло вовлечение в данную реакцию N-функционализированных производных фурана. В качестве последних нами были использованы 2-(N,N-диэтиламинометил) фуран, 2,4-динитрофенилгидразон и тиосемикарбазон фурфурола, которые благодаря своей легкодоступности являются удобными исходными объектами для синтеза биологически активных веществ и ключевыми синтонами в синтезе разнообразных функционально замещенных соединений с комплексом ценных свойств.

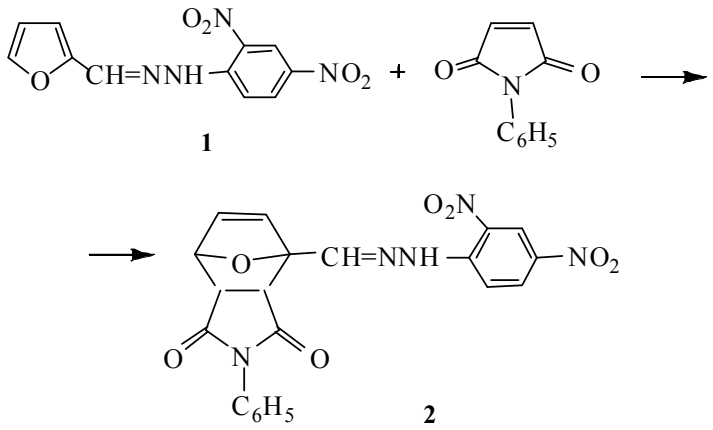
Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- ✓ синтезировать N-функционализированные производные фурана;
- ✓ синтезировать N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-дион;
- ✓ изучить реакции N-функционализированных производных фурана с N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-дионом.

Материал и методика исследований. В качестве исходных реагентов применяли товарные свежеперегнанные фурфурол, анилин и диэтиламин, 2,4-динитрофенилгидразон, тиосемикарбазид, малеиновый ангидрид. Исходные 2-(N,N-диэтиламинометил)фуран, 2,4-динитрофенилгидразон и тиосемикарбазон фурфурола были получены по известным методикам [1].

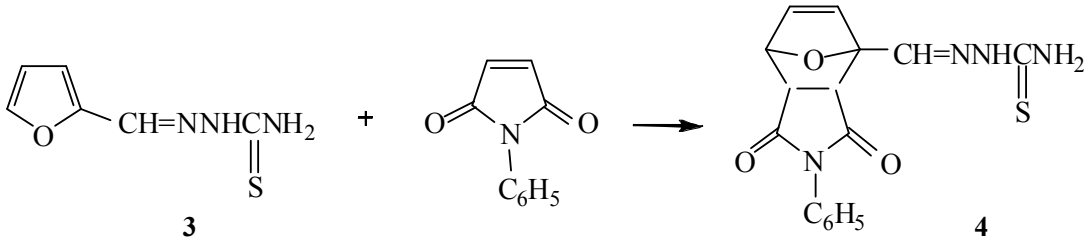
Строение всех синтезированных соединений подтверждали методами ИК-спектроскопии, элементного и функционального анализов. Анализ методом ТСХ проводили на пластинах «*Silufol*», подвижная фаза – этанол-бензол, 1:8; проявитель – пары йода. Элементный анализ осуществляли на анализаторе фирмы *Parkin Elmer 2400 CHN*. ИК-спектры снимали на инфракрасном Фурье-спектрометре ФСМ 1202, призма KBr в диапазоне 500-4000 $см^{-1}$, твердые вещества исследовались в виде суспензии в вазелиновом масле.

Результаты исследований и их обсуждение. Взаимодействие N-фенил-2,5-дигид-ропиррол-2,5-диона с 2,4-динитрофенилгидразоном (**1**) осуществляли в среде абсолютного бензола или 1,4-диоксана при эквимольном соотношении реагентов при комнатной температуре. Контроль окончания реакции осуществляли с помощью ТСХ. Образовавшийся аддукт диенового синтеза после отгонки растворителя выпадает в виде осадка красного цвета, которому по данным ИК-спектра и элементного анализа соответствует структура 4-аза-1-(2,4-динитрофенилгидразонометил)-10-окса-3,5-диоксо-4-фенилтрицикло[5,2,$1^{1,7}$,$0^{2,6}$]дец-8-ена (**2**).



1 **2**

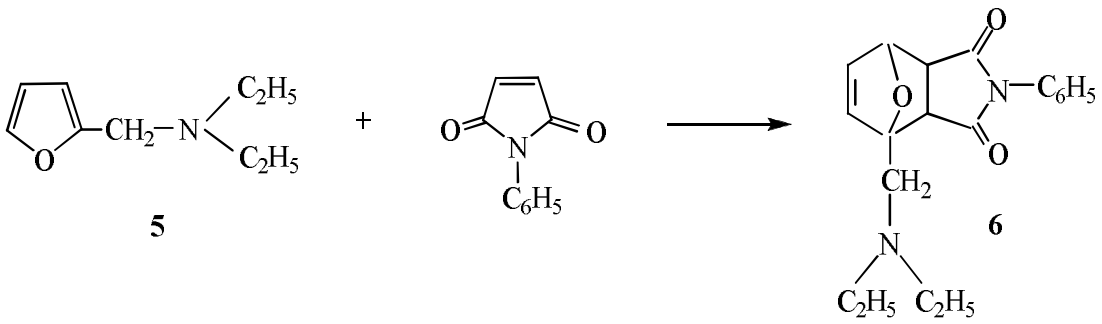
Взаимодействие N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-диона с тиосемикарбазоном (**3**) осуществляли аналогично вышеописанному. Образовавшийся аддукт диенового синтеза после отгонки растворителя выпадает в виде осадка серого цвета, которому по данным ИК-спектра и элементного анализа соответствует структура 4-аза-10-окса-3,5-диоксо-1-(тиосемикарбазонометил)-4-фенилтрицикло[5,2,$1^{1,7}$,$0^{2,6}$]дец-8-ена (**4**).



3 **4**

В ИК-спектрах соединений (**2**, **4**) наличие C=N связи однозначно подтверждается полосой поглощения валентных колебаний с максимумом в области 1620-1630 см $^{-1}$. Наряду с этим в спектрах имеются полосы поглощения, характерные для карбонильной (1707-1712 см $^{-1}$) и эфирной (1140, 1074, 1020 см $^{-1}$) групп, двойной связи ($\nu_{C=C}$ 1600 см $^{-1}$, δ_{C-H} 750 см $^{-1}$) и ароматического кольца ($\nu_{H-C=}$ 3065, ν_{C-C} 1510 см $^{-1}$, δ_{C-H} 876, 695, 730 см $^{-1}$).

Взаимодействие N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-диона с фураном (**5**) осуществляли в среде абсолютного 1,4-диоксана при эквимольном соотношении реагентов при комнатной температуре. Образовавшийся аддукт диенового синтеза выпадает в виде осадка светло-коричневого цвета, которому по данным ИК-спектров и элементного анализа соответствует структура 4-аза-1-(диэтиламинометил)-10-оксо-3,5-диоксо-4-фенилтрицикло-[5,2,1^{1,7},0^{2,6}] дец-8-ена (**6**). Реакция протекает по следующей схеме:



5 **6**

Выходы, константы и данные элементного анализа синтезированных соединений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Выход, константы и данные элементного анализа соединений (2, 4, 6)

№ соед.	Выход, %	Т. пл.°С	Найдено, %			Формула	Вычислено, %		
			C	H	N		C	H	N
2	60	209–210	58,12	3,47	16,09	$C_{21}H_{15}N_5O_7$	58,06	3,46	16,13
4	63	159–160	55,38	4,03	16,22	$C_{16}H_{14}N_4O_3S$	55,49	4,05	16,18
6	61	97–99	69,96	6,71	8,63	$C_{19}H_{22}N_2O_3$	69,94	6,75	8,59

Соединения **(2, 4, 6)** содержат в своем составе азот- и кислородсодержащие циклы, аминную и иминную группы, поэтому можно ожидать, что они будут обладать биологической активностью. С целью выявления этой активности нами было изучено влияние растворов аддукта (**6**) на энергию прорастания (ЭП) и лабораторную всхожесть (ЛВ) семян сельскохозяйственных культур согласно ГОСТ 12038-84 «Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести». В качестве последних нами были использованы семена пшеницы сорта «Безенчукская-380».

Проведенные испытания показали, что соединение **(6)** обладает росторегулирующей активностью. Максимальный эффект достигается при использовании 0,01 % раствора.

Резюме. N-Фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-дион реагирует с 2-(N,N-диэтиламинометил)фураном, 2,4-динитрофенилгидразоном и тиосемикарбазоном фурфурола по схеме [4+2]-циклоприсоединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Агрономов, А. Е.* Лабораторные работы в органическом практикуме / А. Е. Агрономов, Ю. С. Шабаров. – М. : Химия, 1974. – 376 с.

2. *Гордеева, И. В.* Реакции α-фурилметиленариламинов и α-фурил-(N-ариламино)метилфосфонатов с N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-дионом / И. В. Гордеева, Ю. Н. Митрасов, О. В. Кондратьева, Л. М. Садикова, С. П. Яшкильдина // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 34–37.

3. *Колямшин, О. А.* Малеинимиды: синтез, свойства, биологическая активность / О. А. Колямшин, В. А. Данилов, С. Ю. Васильева. – М., 2010. – 75 с. – Деп. в ВИНИТИ, №250-В2010 от 06.05.2010.

4. *Митрасов, Ю. Н.* Реакции производных 2,5-дигидро-2,5-диоксо-1-Н-пиррол-1-иларенкарбоновых (-фосфоновых) кислот с фурфуриловым спиртом [Текст] / Ю. Н. Митрасов, И. В. Гордеева, О. В. Кондратьева, А. А. Авруйская, О. Е. Кириллова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 104–107.

5. *Общая* органическая химия : в 12 т. Т. 4. Карбоновые кислоты и их производные. Соединения фосфора / под ред. О. И. Сазерленда. – М. : Химия, 1983. – 728 с.

6. *Патент* 3850955 (1974) США, кл. 260–326.5 FM, C07 D27/18. N-(trifluoromethyl- and trifluoromethylhalophenyl)-maleimides / Bublitz Donald E. – Заявл. 17.11.1972 ; опубл. 26.11.1974 // Реферативный журнал «Химия». 1975. 170373П.

7. *Rulišek L.* An experimental and theoretical study of stereoselectivity of furan-maleic anhydride and furan-maleimide diels-alder reaction / L. Rulìšek, P. Šebek, Z. Havlas, R. Hrabal, P. Čapek, A. Svatoš // J. Org. Chem. – 2005. – Vol. 70. – № 16. – P. 6295–6302.

УДК 574.34

ЭКОЛОГИЯ ДОМОВОГО (PASSER DOMESTICUS L., 1758) И ПОЛЕВОГО (PASSER MONTANUS L., 1758) ВОРОБЬЕВ САДОВО-ПАРКОВЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДА КАЗАНИ

ECOLOGY OF PASSER DOMESTICUS L., 1758, AND PASSER MONTANUS L., 1758, AT LANDSCAPE GARDENING OF THE CITY OF KAZAN

Р. Г. Мударисов, Т. Ш. Леонова

R. G. Mudarisov, T. S. Leonova

ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань

Аннотация. В статье представлены результаты изучения экологии домового и полевого воробьев в 2005–2013 гг. на садово-парковых территориях города Казани.

Abstract. The article presents the study of the ecology of the house sparrow and tree sparrow for 2005–2013 landscape gardening of the city of Kazan.

Ключевые слова: *домовый воробей, полевой воробей, птицы садово-парковых территорий.*

Keywords: *house sparrow, tree sparrow, birds of landscape gardening.*

Актуальность исследуемой проблемы. Стремительные темпы урбанизации ставят перед орнитологами задачу – оптимизировать взаимоотношения человека с птицами в эколого-хозяйственном, медико-эпидемиологическом, природоохранном, эстетико-воспитательном и других аспектах, в первую очередь в крупных городах с исторически сложившимся, но непрерывно меняющимся обликом. Решение этой задачи требует всесторонней и полной инвентаризации фауны крупных городов [2]. Садово-парковые территории являются центрами поселения птиц, поскольку эти местообитания во многих случаях имитируют первоначальные природные условия естественных ландшафтов.

В связи с этим актуальны вопросы регуляции численности видов, управления поведением птиц и их охраны.

Материал и методика исследований. Материалом для данной работы послужили полевые исследования, выполненные в период с 2005 по 2013 год в городе Казани. Сбор материала осуществлялся на следующих территориях: парков (Победы, ДК химиков, Урицкого, «Крылья Советов», Петрова, «Шурале», молодоженов, «Буревестник», ЦПКиО им. М. Горького, «Черное озеро», «Миллениум»); скверов (им. Кирова, им. Чехова, по улице К. Тинчурина, по улице Чехова, им. Тукая); садов (им. Тимирязева, им. Лядова, Ленинский).

Отдельные наблюдения проведены во внутриквартальных насаждениях и других биотопах с сохранившейся естественной растительностью. Общая площадь изученной территории составила 261 км^2. Общая протяженность постоянных маршрутов составила 85 км, всего за 675 дней учетов пройдено 5420 км пути.

Еженедельные учеты на маршрутах, заложенных на 19 садово-парковых территориях, позволили выявить максимальное разнообразие и получить наиболее значимые результаты.

Результаты исследований и их обсуждение. Домовый воробей *(Passer domesticus L., 1758)*. Многочисленный оседлый гнездящийся вид. Один из ведущих доминантных видов. Плотность популяций максимальных значений достигает осенью и равняется 290 особей/10 га, а минимальных – 6 особей/10 га – летом (рис. 3). Встречается практически повсеместно во всех садах и парках города. Относительная численность в парках – 30–40 %, в городских скверах – до 60 %. Для гнездования активно используются различные укрытия в строениях, искусственные гнездовья (парки Урицкого и молодоженов), дупла деревьев (скверы по ул. Тимирязева, ДК химиков и др.) (рис. 1). Также найдено гнездо в разбитом плафоне паркового освещения («Шурале») [2].

Это типичная зерноядная птица, любит питаться в мусорных контейнерах, на земле, в период гнездования переходит на питание кузнечиками, жужелицами, хрущами и др. Особи данного вида единично не встречаются, встречаются в основном большими скоплениями. Колониальность воробьев наблюдается и в период гнездования. Антропогенное кормовое разнообразие в кормушках не является препятствием, не говоря уже о толерантности к отпугивающим средствам. Диапазон корма расширен.

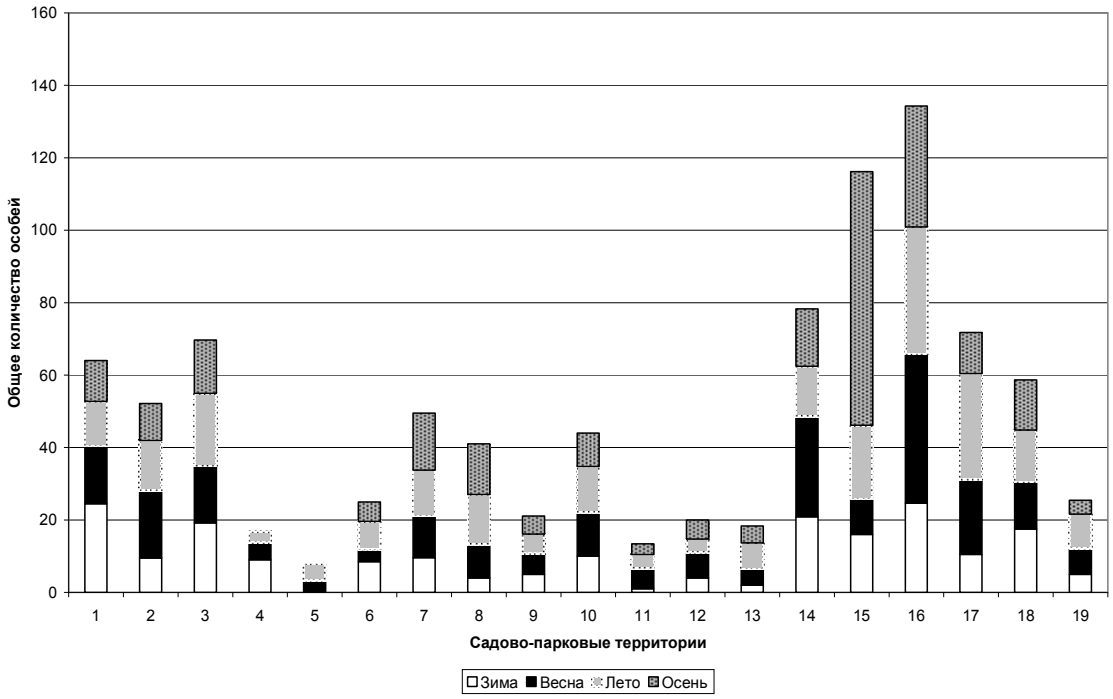


Рис. 1. ***Сезонное распределение Passer domesticus L., 1758 по садово-парковым территориям г. Казани в 2005–2013 гг., особей/ 10 га***

На территории отдельных парков на долю домового воробья приходится до 30–40 % численности птиц (Ленинский сад, сквер им. Кирова). В зимний период воробьи вместе с другими синантропными видами птиц концентрируются вблизи различных источников пищи. Полезная роль воробьев в городе общеизвестна, в Казани наблюдается массовое поедание семян сорных растений многочисленными стаями воробьев.

Полевой воробей *(Passer montanus L., 1758)*. Обычный оседлый гнездящийся синантропный вид. Максимальная плотность в парках города была отмечена осенью и составляла 372 особей/10 га. Наибольшая численность отмечена в Ленинском саду. Летом плотность уменьшается, т. к. большая часть птиц покидает город и в поисках более богатых кормами мест перемещается в пригород (рис. 2). При поиске корма в основном перемещаются по газонам, обочинам дорог, реже кормятся на асфальте или на открытой земле. Отмечено, что по сравнению с домовыми воробьями предпочитают участки с более густой и высокой травой. Основным источником питания являются семена маревых, цикория, подорожника, одуванчика, птичьей гречихи, составляющие до 93 % всех потребляемых семян. Корма антропогенного происхождения потребляются значительно реже. Среди поедаемых полевым воробьем насекомых преобладают гусеницы, мелкие бабочки, двукрылые и перепончатокрылые. В зимнее и весеннее время используют городские кормушки, потребляя мелкие фрагменты оставленных там продуктов [5].

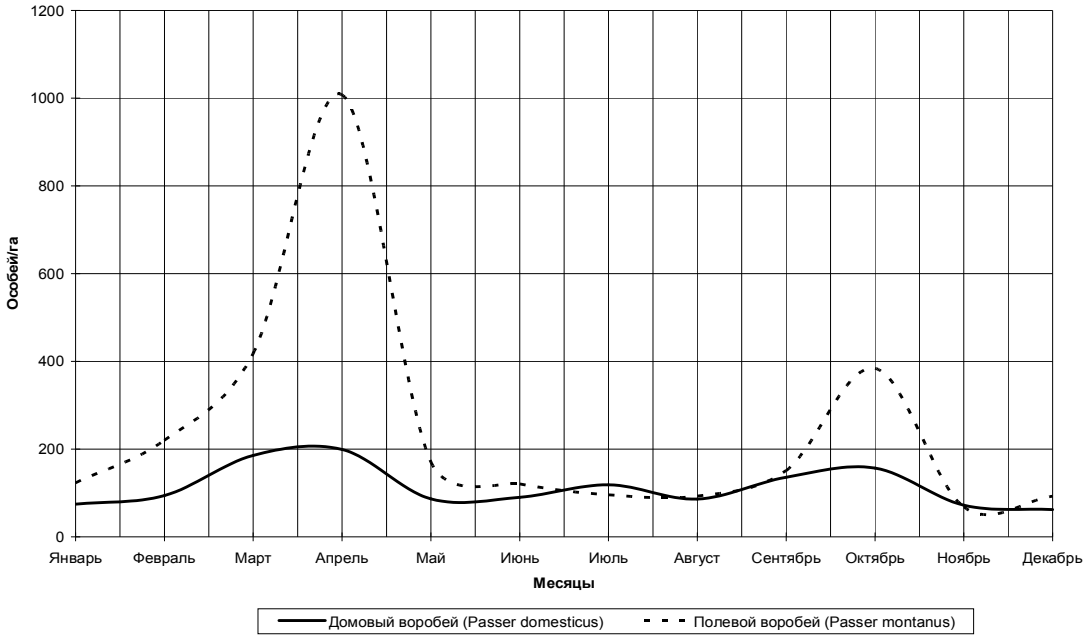


Рис. 2. ***Сезонное распределение плотности воробьев в 2005–2013 гг.***

Полевой воробей играет значительную роль в защите городских зеленых насаждений от вредителей и в большом количестве поедает семена сорных растений [3].

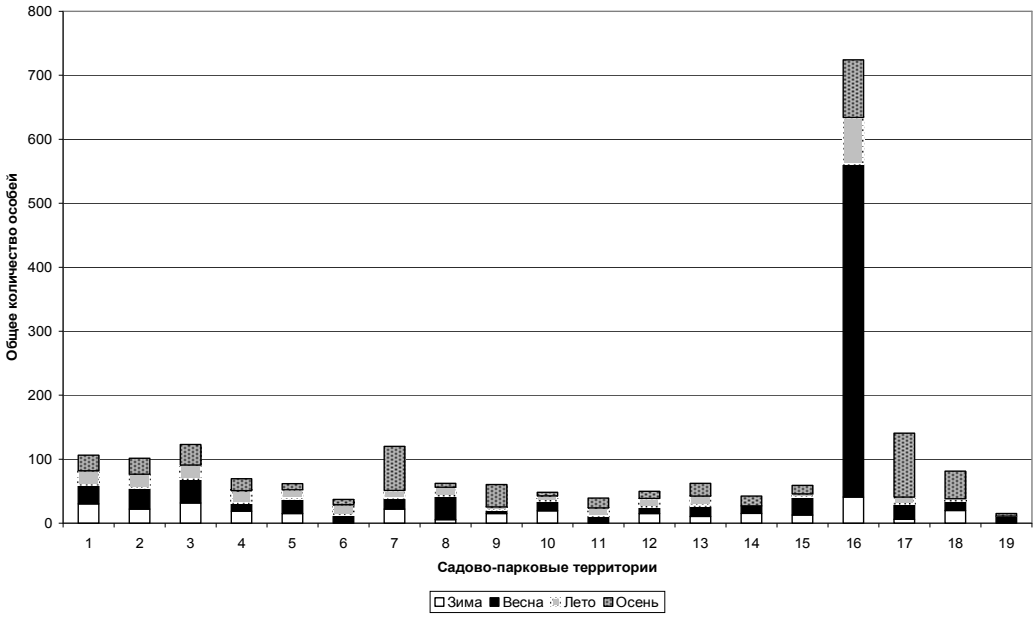


Рис 3. ***Сезонное распределение Passer montanus L., 1758 по садово-парковым территориям г. Казани в 2005–2013 гг., особей/ 10 га***

В рационе обоих видов встречались корма растительного, животного и антропогенного происхождения. Состав кормов в течение года разнообразный, зависит от сезона. Зимой основными местами кормежек являлись площадки для сбора твердых бытовых отходов, кормушки и др. В данный период рационы домового и полевого воробьев имели наибольшее сходство, что обусловлено максимальной зависимостью от кормов антропогенного происхождения. Кроме того, до выпадение плотного снежного покрова стаи домовых и полевых воробьев добывали семена сорных растений на открытых участках земли, а также семена растений, находящиеся выше уровня снежного покрова, семена березы бородавчатой, клена ясенелистного, плоды рябины (39,9 и 58,4 %).

В весенне-летнее время оба вида питались как растительной (почками деревьев, ягодных кустарников, семенами сорных трав, плодами фруктовых деревьев) (29,8–61,3 % наблюдений домового воробья, 32,5–75,6 % – полевого), так и животной пищей (насекомые, пауки) (20–24,5 и 21,4–27,7 %) [4].

В гнездовой период домовые воробьи поедали долгоносиков, голых гусениц, крылатых муравьев, кузнечиков; полевые – голых гусениц, долгоносиков, щелкунов, бронзовок, божьих коровок, бабочек, тлю, мелких двукрылых. У полевых воробьев отмечалось большее разнообразие потребляемых видов беспозвоночных. Роль антропогенных источников уменьшалась в данный период. Необходимо отметить, что домовые воробьи чаще продолжали питаться кормами антропогенного происхождения, чем полевые (летом – 18,7 и 3,1 % соответственно; p=0,0512; КК=0,21) [1].

Осенью ведущее место в рационе обоих видов занимали растительные корма (73,7 % у домового и 78,4 % у полевого воробья) [1]. Семена диких растений – амаранту-са, лебеды, птичьей гречишки, цикория, щавеля – преобладали в рационе полевого воробья над семенами культурных растений. Основную массу корма домового воробья пред-

ставляли семена подсолнечника, пшеницы, овса, а также семена сорных трав – лебеды, амарантуса, птичьей гречишки. Пища животного происхождения (беспозвоночные) вне периода выкармливания птенцов составляла незначительную часть рациона (1 случай наблюдения у полевого воробья – 0,7 %), антропогенные корма – 26,3 % у домового воробья и 20,9 % – у полевого.

Учитывая важную полезную роль домового и полевого воробьев, необходимо сохранять и повышать численность данных видов в городе Казани и Республике Татарстан. Так как результаты проведенного исследования показали сокращение плотности популяций домового воробья в городских биотопах, то необходимо определить мероприятия, которые помогут стабилизировать численность вида в городе:

– привлечь внимание школьников, студентов биологических и экологических факультетов вузов, обществ охраны природы и кружков юных натуралистов к организации в данных коллективах мероприятий по развешиванию кормушек, искусственных гнездовий;

– убедить средства массовой информации делать акцент на сведениях о снижении численности птиц в городе и важности зимней подкормки мелких воробьиных в зимний период;

– обратиться к городской администрации с вопросами о необходимости сохранения участков земли, не покрытой асфальтом, где возможно добывание растительного корма и беспозвоночных [3].

Резюме. Полученные количественные данные позволили сделать следующие выводы: 1) численность полевого воробья превышает на 15–30 % численность домового;

2) домовый воробей выбирает места для гнездования в условиях городской застройки, а полевой – в естественных условиях парков, скверов, садов, домов частного сектора и лесопосадок; 3) плотность домового воробья больше в центральных парках (Ленинский сад, сад им. Лядова и др.) с наибольшей антропогенной нагрузкой, а меньше – в парках с низкой антропогенной нагрузкой и с наибольшей лесистостью. Для полевого воробья характерны условия лесоопушечного комплекса. Наибольшая плотность регистрируется в парках ЦПКиО им. М.Горького, «Черное озеро» и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Леонова, Т. Ш.* Взаимоотношения синантропных видов птиц в городе Казани (на примере домового и полевого воробьев, серой вороны, грача, галки) / Т. Ш. Леонова, И. И. Рахимов, Р. Г. Мударисов // Врановые птицы в антропогенных и естественных ландшафтах Северной Евразии : мат. 10-й Междунар. конф., 17–21 сентября 2012 г. – Казнь, 2012. – С. 45–48.

2. *Мударисов, Р. Г.* Формирование видового состава птиц на территории парка «Миллениум» г. Казани / Р. Г. Мударисов // Филология и культура. – 2011. – № 25. – С. 78–81.

3. *Рахимов, И. И.* Систематический обзор птиц парков, садов и скверов города Казани / И. И. Рахимов, Р. Г. Мударисов, А. А. Закиров // Биодиверситиология: современные проблемы сохранения и изучения биологического разнообразия : сборник мат. II Междунар. науч.-практ. конф. / под ред. А. В. Дмитриева, Е. А. Синичкина. – Чебоксары : Новое время, 2010. – 164 с.

4. *Рахимов, И. И.* Эколого-поведенческая адаптация воробьев к условиям урбанизированной среды / И. И. Рахимов, Т. Ш. Леонова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 124–130.

5. *Экология* города Казани / под ред. С. Р. Щебовских. – Казань : Изд-во «Фэн» Академии наук РТ, 2005. – 576 с.

УДК 631.155.2:636

СВЧ-ИНДУКЦИОННАЯ УСТАНОВКА С ДИАФРАГМИРОВАННЫМ ВОЛНОВОДОМ

MICROWAVE INDUCTION UNIT DIAPHRAGMED WAVEGUIDE

О. В. Науменко

O. V. Naumenko

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Разработанная СВЧ-индукционная установка предназначена для термообработки творожного сырья. Описаны конструктивные особенности и принцип действия установки с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

Abstract. The developed microwave induction unit is designed for the heat treatment of raw curd. The article describes the design features and the principle of operation of a microwave induction unit of electromagnetic field of ultrahigh frequency.

Ключевые слова: *сверхвысокочастотная индукционная установка, термообработка, волновод.*

Keywords: *microwave induction unit, heat treatment, waveguide*.

Актуальность исследуемой проблемы. С учетом диэлектрических параметров творожного сырья и глубины проникновения энергии электромагнитных излучений в творожное сырье обоснована технологическая схема его термообработки, предусматривающая многократный последовательный объемный и поверхностный нагрев. Для реализации данной технологии разработана СВЧ-индукционная установка для термообработки творожного сырья [2].

Материал и методика исследований. С учетом чередующихся разных видов энергоподвода вычислены продолжительность воздействия каждого источника, общая продолжительность процесса и скорость транспортирования сырья через рабочую камеру. СВЧ-индукционная установка условно разделена на пять секторов, в четырех из которых с чередованием установлены источники объемного и поверхностного тепла. При этом обеспечена определенная скважность технологического процесса, позволяющая стабилизировать температуру и давление по всему объему обрабатываемого сырья [3]. Для этого расстояние между источниками энергоподвода должно быть не меньше длины резонаторной камеры.

Результаты исследований и их обсуждение. СВЧ-индукционная установка (рис. 1) содержит диэлектрическую вращающуюся плоскость 4 со сквозными радиально расположенными отверстиями 5, позволяющими транспортировать диэлектрические контейнеры 9 с творожным сырьем 10 через рабочую камеру, образованную двумя объемными резонаторами СВЧ-генератора 6 и вторичной обмоткой индукционного нагревателя 2.

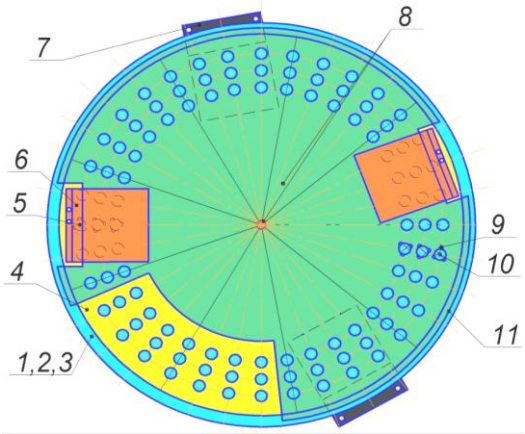


Рис. 1. ***СВЧ-индукционная установка для термообработки творожного сырья (вид сверху при прозрачном экранирующем корпусе): 1 – монтажный каркас; 2 – круглый стол из ферромагнитного материала; 3 – ролики; 4 – круглая плоскость из диэлектрического материала; 5 – сквозные отверстия; 6 – СВЧ-генераторы; 7 – индукционные плиты; 8 – мотор-редуктор; 9 – силиконовые контейнеры; 10 – изделие; 11 – экранирующий корпус***

Под диэлектрической плоскостью 4 установлена круглая пластина 2 из ферромагнитного материала как вторичная обмотка индуктора. Под ней по периферии имеются индукционные нагреватели 7. Для загрузки и выгрузки продукта есть окно в экранирующем цилиндрическом корпусе 11. Вращение диэлектрической плоскости осуществляется мотор-редуктором 8.

Из-за зазора в резонаторной камере мощность потока электромагнитного излучения распространяется за ее пределами. Известно, что максимальную мощность волна несет в центре резонаторной камеры, где электрическая составляющая электромагнитного поля достигает наибольшего значения. В стенках камеры можно делать прорези, но, чтобы через них не излучалась волна, необходимо соблюдать нижеприведенные правила. Прорезь не должна прерывать линий токов, текущих по стенкам объемного резонатора. В прямоугольном резонаторе токи направлены вдоль широких стенок. Поэтому прорези могут быть в любом месте. Ширина прорезей d в прямоугольном резонаторе должна быть менее $d<a/8$, где a – ширина стенки для ограничения излучения. Например, если ширина резонаторной камеры 30 см, то $d<3{,}75$ см. Поэтому при конструировании прорезей d для конвейерного диска суммировали воздушные зазоры d2, d5, толщину металлизированного диэлектрика d4, выполняющего функцию транспортирования сырья, а также глубину цилиндрических контейнеров d3 (рис. 2).

Для ограничения излучения следует предусмотреть запредельный волновод. К радиоволноводам относятся различные устройства, вдоль которых могут распространяться электромагнитные волны. Эти волноводы в виде полых металлических труб различного поперечного сечения и затухания системы [4]. Вдоль волновода электромагнитные волны распространяются со скоростью, в несколько раз меньшей скорости света. Все электромагнитное поле заключено внутри волновода, поэтому нет потерь энергии на излучение.

С целью ограничения электромагнитного излучения из имеющихся прорезей в объемных резонаторах, предназначенных для транспортирования контейнеров с сырьем, резонаторные камеры состыкованы с запредельным диафрагмированным волноводом (рис. 2).

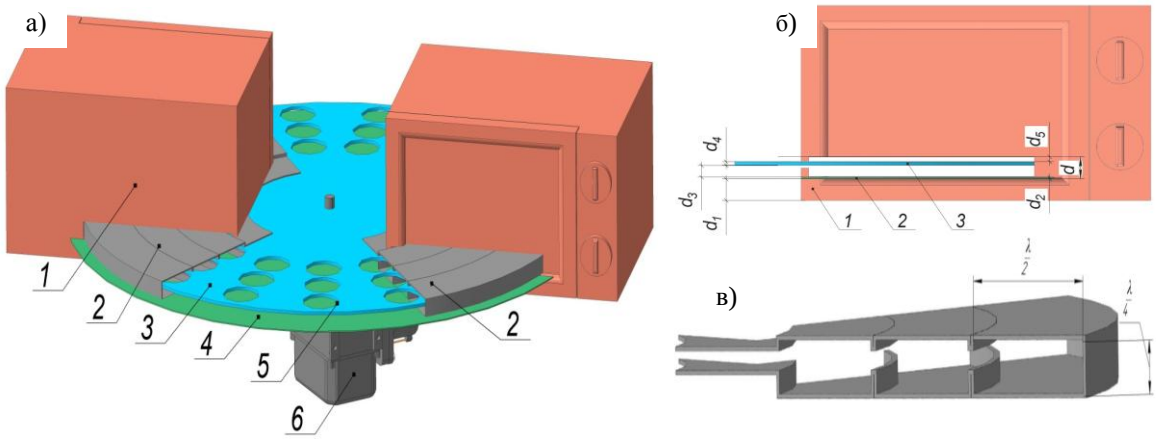


Рис. 2. ***Пространственное изображение: а) резонаторных камер с запредельными диафрагмированными волноводами: 1 – СВЧ-генераторы, 2 – запредельный диафрагмированный волновод, 3 – диэлектрический конвейер, 4 – монтажный стол, 5 – ячейки, 6 – мотор-редуктор; б) резонаторной камеры, содержащей зазор для дискового конвейера: 1 – дно резонаторной камеры, 2 – ферромагнитная плоскость, 3 – вращающаяся диэлектрическая плоскость; в) диафрагмированного волновода***

Конфигурация диафрагмированного запредельного волновода отличается от гребешковой замедляющей системы тем, что при равном шаге изменяется радиус расположения диафрагм [1]. Размер прорези в резонаторной камере согласован с длиной волны и высотой контейнеров, выбранных в соответствии с глубиной проникновения энергии электромагнитных излучений в творожное сырье [4].

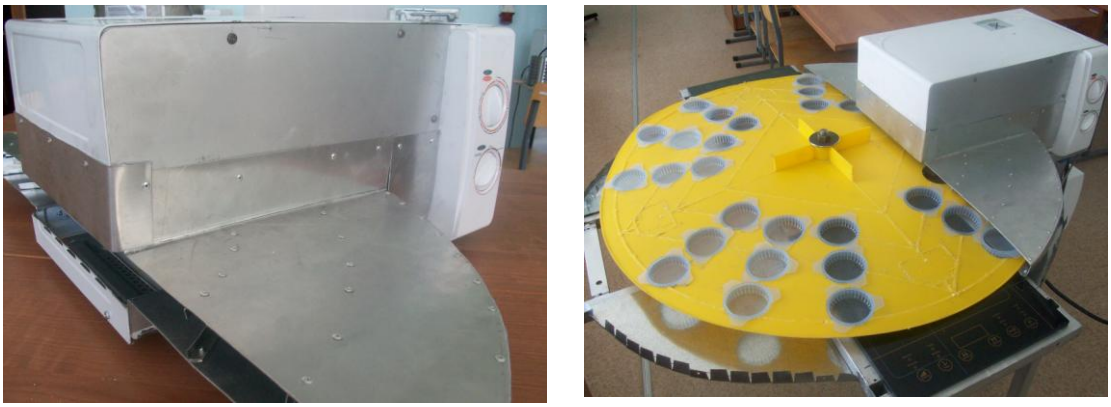


Рис. 3. ***Реальное исполнение запредельного волновода и резонаторных камер с запредельными диафрагмированными волноводами, обеспечивающими транспортирование творожного сырья в контейнерах, размещенных в ячейках диэлектрического конвейера***

Необходимость диафрагмирования запредельного волновода для замедления волны обоснована тем, что при его отсутствии происходит перегрев или выход из строя магнетрона второго генератора, предназначенного для увеличения производительности установки. Определена добротность резонаторной камеры (0,333) при присутствии в ней прорези для передвижения конвейера и при состыкованном с ней запредельном волноводе.

Запредельный волновод диафрагмирован с учетом соответствия требуемым показателям технологического процесса и соблюдения безопасной нормы электромагнитного излучения. Тем не менее, для продвижения конвейера с сырьем через запредельный волновод необходимо предусмотреть прорезь в его перегородках, и при этом конвейер должен быть выполнен из металлизированного диэлектрика.

Наличие электромагнитного излучения за пределами резонаторной камеры можно выявить косвенным способом. За счет исследования краевого потока мощности электромагнитного излучения творожное сырье сохраняет температурный режим за пределами резонаторной камеры (рис. 4).

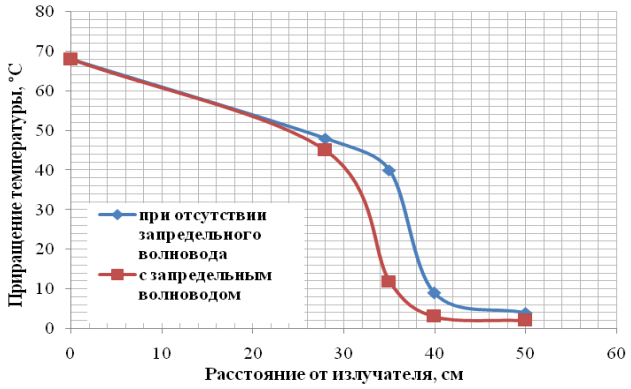


Рис. 4. ***Исследование приращения температуры сырья по мере удаления от источника в стационарном режиме***

При этом приращение температуры творожного сырья внутри резонаторной камеры в стационарном режиме (до 28 см) составляет 68…48 °С, за ее пределами на расстоянии 40 см от источника – 3 °С, а на расстоянии 50 см – 2 °С, что свидетельствует о значительном снижении излучения при наличии пристыкованного к резонаторной камере запредельного диафрагмированного волновода.

Резюме. Разработана методика термообработки творожного сырья, реализованная в СВЧ-индукционной установке с рабочей камерой, образованной объемными резонаторами с запредельными диафрагмированными волноводами и индукционными нагревательными устройствами и расположенной под экранирующим корпусом. Обоснован диафрагмированный запредельный волновод, необходимый для замедления электромагнитных излучений и увеличения производительности установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Атабеков, Г. И.* Теоретические основы электротехники / Г. И. Атабеков, С. Д. Купалян, А. Б. Тимофеев, С. С. Хухриков. – М. ; Л. : Энергия, 1966. – 280 с.

2. *Науменко, О. В.* Обоснование применения СВЧ-индукционной установки для выпечки творожных изделий / О. В. Науменко // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). – С. 112–115.

3. *Новикова, Г. В.* Интенсификация высокочастотным электромагнитным полем технологических процессов в животноводстве : автореф. дис. … д-ра тех. наук : 05.20.02 / Г. В. Новикова. – М., 1994. – 36 с.

4. *Пчельников, Ю. Н.* Электроника сверхвысоких частот / Ю. Н. Пчельников, В. Т. Свиридов. – М. : Радио и связь, 1981. – 96 с.

УДК 539.374

ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ МАТЕРИАЛА НА УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТОЛСТОСТЕННОЙ ТРУБЫ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ ПРИ ТРАНСЛЯЦИОННОЙ АНИЗОТРОПИИ

NONLINEAR INHOMOGENEITY OF MATERIAL WHEN STUDYING ELASTOPLASTIC STATE OF THICK-WALLED PIPE UNDER INTERNAL PRESSURE AT TRANSLATIONAL ANISOTROPY

А. В. Никитин, С. В. Тихонов

A. V. Nikitin, S. V. Tikhonov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. В работе рассматривается упругопластическое состояние нелинейно-неоднородной трубы, находящейся под действием внутреннего давления при трансляционной анизотропии. Предполагается, что предел текучести постоянен вдоль эллиптических кривых. Определены напряженное состояние и граница раздела упругой и пластической областей.

Abstract. This paper considers the elastoplastic state of nonlinear inhomogeneous pipe under internal pressure at translational anisotropy. It is assumed that the yield stress is permanent along the elliptic curves. The stress state and interface of the elastic and plastic regions are determined.

Ключевые слова: *упругость, пластичность, труба, трансляционная анизотропия.*

Keywords: *elasticity, plasticity, pipe, translational anisotropy.*

Актуальность исследуемой проблемы. Трансляционная анизотропия связана с переносом поверхности нагружения в процессе упрочнения. Трансляционная анизотропия учитывает эффект Баушингера – понижение предела текучести при сжатии или увеличение его при растяжении. Исследование напряженного состояния толстостенной трубы из нелинейно-неоднородного материала может найти применение при оптимальном проектировании изделий в машиностроении и строительной механике.

Материал и методика исследований. В ходе работы предполагается, что в пластической области материал обладает свойствами неоднородности и трансляционной анизотропии. Решение ищется методом последовательных приближений. Определены нулевое и первое приближения.

Результаты исследований и их обсуждение. В работах [4], [8], [10], [11] развита теория предельного состояния тел при наличии трансляционной анизотропии.

В исследованиях [6], [7] распространен метод последовательных приближений [3] к изучению тел из неоднородного материала.

В данной статье рассматривается упругопластическое состояние толстостенной трубы, находящейся под действием внутреннего давления при неоднородной трансляционной анизотропии. Неоднородность материала предполагается в виде зависимости предела текучести от координат. Предел текучести принят постоянным вдоль эллиптических кривых.

На основании результатов работы [3] условие пластичности для толстостенной трубы радиусов α, β, $\alpha < \beta$ (рис. 1) имеет следующий вид:

$$\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} - \frac{k_1 - k_2}{2} \right)^2 + \left(\tau_{xy} - k_3 \right)^2 = k_{xy}, \quad k_1, k_2, k_3 - const \,, \tag{1}$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – компоненты напряжения в декартовой системе координат.

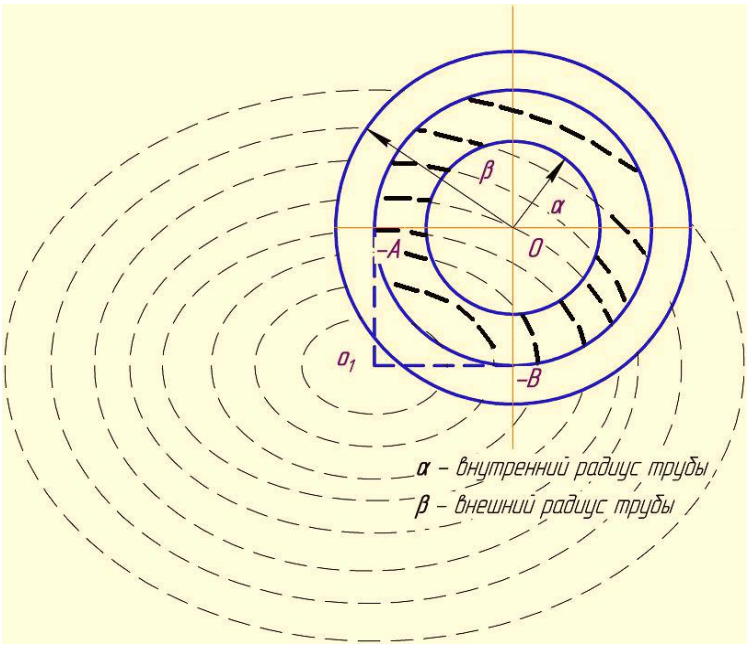


Рис. 1. ***Толстостенная труба радиусов*** α, β, $\alpha < \beta$

Предел текучести определим в виде

$$k_{xy} = k_0 + \delta \left(\frac{(x + A)^2}{\bar{a}^2} + \frac{(y + B)^2}{\bar{b}^2} \right), \quad k_0, \bar{a}, \bar{b}, A, B - const, \tag{2}$$

где δ – малый безразмерный параметр.

В последующих расчетах для простоты все величины, которые имеют размерность напряжения, отнесем к величине предела текучести k_0 и таким образом перейдем к безразмерным величинам. Компонентам напряжений в пластической зоне приписан индекс *« p »* наверху, компонентам в упругой зоне – индекс *« e »* наверху.

Переходя к полярным координатам в формуле (1), получим:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_\rho + \sigma_\theta}{2} + \frac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{2}\cos 2\theta + \tau_{\rho\theta}\sin 2\theta,$$

$$\sigma_y = \frac{\sigma_\rho + \sigma_\theta}{2} - \frac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{2}\cos 2\theta - \tau_{\rho\theta}\sin 2\theta, \qquad (3)$$

$$\tau_{xy} = -\frac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{2}\sin 2\theta + \tau_{\rho\theta}\cos 2\theta,$$

$$x = \rho\cos\theta, \;\; y = \rho\sin\theta. \qquad (4)$$

На основании соотношений (3), (4) условие пластичности в полярных координатах будет иметь вид:

$$\left(\frac{\sigma_\rho^p - \sigma_\theta^p}{2}\right)^2 + \left(\tau_{\rho\theta}^p\right)^2 - 2R\left(\frac{\sigma_\rho^p - \sigma_\theta^p}{2}\right)\cos(2\theta + \mu) - \qquad (5)$$

$$-2\tau_{\rho\theta}^p \sin(2\theta + \mu) + R^2 - 1 - 2\rho\delta R_0 \sin(\theta + \eta) = 0,$$

где

$$R = \sqrt{\left(\frac{k_1 - k_2}{2}\right)^2 + k_3^2}, \;\; \frac{k_1 - k_2}{2R} = \cos\mu, \;\; \frac{k_3}{R} = \sin\mu,$$

$$R_0 = \sqrt{a^2 + b^2}, \; \frac{a}{2\sqrt{a^2 + b^2}} = \cos\eta, \; \frac{b}{2\sqrt{a^2 + b^2}} = \sin\eta.$$

На основании гипотезы

$$k_1 = \delta_1 k_1', \; k_2 = \delta_1 k_2', \; k_3 = \delta_1 k_3', \qquad (6)$$

с учетом обозначений $R = \delta_1 R^{'}$, $R' = \sqrt{\left(\frac{k_1' - k_2'}{2}\right)^2 + (k_3')^2}$, в предположении $\delta_1 = g_1 \delta_1$ и $0 \le g_1 \le 1$ соотношения равновесия в полярной системе координат примут следующий вид:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_\rho}{\partial \rho} + \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial \tau_{\rho\theta}}{\partial \theta} + \dfrac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{\rho} = 0, \\ \dfrac{\partial \tau_{\rho\theta}}{\partial \rho} + \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + \dfrac{2\tau_{\rho\theta}}{\rho} = 0. \end{cases} \tag{7}$$

Разложим напряжение σ_{ij} по малому параметру δ:

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^{(0)} + \sigma_{ij}'\delta + \sigma_{ij}''\delta^2 + \ldots, \quad \rho_s = \rho_s^{(0)} + \rho_s'\delta + \rho_s''\delta^2 + \ldots, \tag{8}$$

где ρ_s – радиус пластической зоны.

Для перехода к безразмерным величинам в размерах трубы α, β воспользуемся соотношениями $б = \alpha / \rho_s^{(0)}$, $\beta = \beta / \rho_s^{(0)}$, где $\rho_s^{(0)}$ – радиус пластической зоны в нулевом приближении. Черту сверху у величин $\bar{a}, \bar{b}$ опустим.

Учитывая, что k_{xy} сохраняет постоянное значение вдоль эллипсов, что следует из соотношения (2), можно записать

$$\frac{(x + A)^2}{a^2} + \frac{(y + B)^2}{b^2} = c, \tag{9}$$

где c – некоторая const.

Так как в нулевом приближении для осесимметрического состояния трубы

$$\tau_{\rho\theta}^{(0)} = 0, \tag{10}$$

на основании (1), (8), (10) следует

$$\sigma_\rho^{(0)p} - \sigma_\theta^{(0)p} = -2. \tag{11}$$

Тогда результатом совместного решения соотношений (7), (10), (11) являются

$$\sigma_\rho^{(0)p} = 2\ln\rho + C, \quad \sigma_\theta^{(0)p} = 2 + 2\ln\rho + C, \tag{12}$$

где *C – const.*

Предполагая постоянное давление *p* на внутренней границе трубы и учитывая, что внешняя граница трубы свободна от усилий:

$$\sigma_\rho^{(0)p}\Big|_{\rho=\alpha} = -p, \quad \sigma_\rho^{(0)e}\Big|_{\rho=\beta} = 0, \tag{13}$$

согласно (12), (13) заключаем

$$\sigma_\rho^{(0)\mathrm{p}} = -p + 2\ln\frac{\rho}{\alpha}, \quad \sigma_\theta^{(0)\mathrm{p}} = -p + 2 + 2\ln\frac{\rho}{\alpha}. \tag{14}$$

В упругой области представим нулевое приближение в виде

$$\sigma_\rho^{(0)e} = A - B\frac{1}{\rho^2}, \ \sigma_\theta^{(0)e} = A + B\frac{1}{\rho^2}, \ \tau_{\rho\theta}^{(0)e} = 0. \tag{15}$$

Примем во внимание условия сопряжения компонент напряжений на упругопластической границе:

$$\sigma_\rho^{(0)p}\,|_{\rho=1} = \sigma_\rho^{(0)e}\,|_{\rho=1}, \quad \sigma_\theta^{(0)p}\,|_{\rho=1} = \sigma_\theta^{(0)e}\,|_{\rho=1}. \tag{16}$$

Из (14), с учетом (13) и (16) получаем

$$\sigma_\rho^{(0)e} = \frac{p + 2\ln\alpha}{\beta^2 - 1}\left(1 - \frac{\beta^2}{\rho^2}\right), \quad \sigma_\theta^{(0)e} = \frac{p + 2\ln\alpha}{\beta^2 - 1}\left(1 + \frac{\beta^2}{\rho^2}\right). \tag{17}$$

В нулевом приближении радиус упругопластической зоны определяется соотношением $\beta^2 = \dfrac{1}{1 - 2\ln\alpha - p}$.

Для первого приближения, учитывая полярные координаты (4), из (1), (2), (8), (11), (12) получим

$$\sigma'^{\rho}_{\theta} - \sigma'^{p}_{\rho} = -2R'\cos(2\theta + \mu) + 2\left(\frac{(A + \rho\cos\theta)^2}{a^2} + \frac{(B + \rho\sin\theta)^2}{b^2}\right). \tag{18}$$

Положим

$$\sigma'^{p}_{\rho}=\frac{1}{\rho}\frac{\partial\Phi}{\partial\rho}+\frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial\theta^2},\quad \sigma'^{p}_{\theta}=\frac{\partial^2\Phi}{\partial\rho^2},\quad \tau'^{p}_{\rho\theta}=-\frac{\partial}{\partial\rho}\left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial\Phi}{\partial\theta}\right). \qquad 19)$$

Из (18), (19) имеет место

$$\rho^2\frac{\partial^2\Phi}{\partial\rho^2}-\rho\frac{\partial\Phi}{\partial\rho}-\frac{\partial^2\Phi}{\partial\theta^2}=-2R'\rho^2\cos(2\theta+\mu)+2\rho^2\left(\frac{(A+\rho\cos\theta)^2}{a^2}+\frac{(B+\rho\sin\theta)^2}{b^2}\right). \qquad (20)$$

Условия равновесия (7) удовлетворяются соотношением (19). С учетом (18), (20) и значений граничных условий в первом приближении [3]

$$\begin{aligned}&\sigma'^{p}_{\rho}\,|_{\rho=\alpha}=0,\\&\tau'^{p}_{\rho\theta}\,|_{\rho=\alpha}=0\end{aligned} \qquad (21)$$

находим решение в пластической зоне:

$$\begin{aligned}\sigma'^{p}_{\rho}=&\frac{2\left(b^2A\cos\theta+Ba^2\sin\theta\right)\left(\rho^4-\alpha^4\right)}{a^2b^2\rho}+\cos(2\theta+\mu)\left(\frac{R'\alpha^2}{a^2}-\frac{\alpha}{\rho}\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\right)+\\&+\frac{2}{a^2b^2}\left(b^2A^2+a^2B^2\right)\ln\left(\frac{\rho}{\alpha}\right)+\frac{\alpha R'}{\rho}\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\cos(2\theta-\mu)+\\&+\frac{1}{3\rho a^2b^2}\left(\cos(2\theta)\alpha^3\left(b^2-a^2\right)\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\right),\\\sigma'^{p}_{\theta}=&-\frac{2\alpha^4}{a^2b^2\rho}\left(b^2a\cos\theta+a^2b\sin\theta\right)-R'\cos(2\theta+\mu)\left(\frac{\alpha}{\rho}\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\cos(2\theta-\mu)+1\right)+\\&+\frac{\alpha^2\sqrt{3}\cos(2\theta)\left(a^2-b^2\right)\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)}{3a^2b^2\rho}+\frac{\alpha R'\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\cos(2\theta-\mu)}{\rho}+\\&+\left(\frac{a^2+b^2}{6a^2b^2\rho}\right)\left(9\rho^3-3\alpha^2\rho\right)+\left(\frac{b^2A^2+a^2B^2}{6a^2b^2\rho}\right)\left(12\rho\left(\ln\frac{\rho}{\alpha}+1\right)\right)+\frac{6\rho}{a^2b^2}\left(b^2a\cos\theta+a^2b\sin\theta\right),\\\tau'^{p}_{\rho\theta}=&\frac{2\left(Ba^2\cos\theta-Ab^2\sin\theta\right)\left(\alpha^2-\rho^2\right)}{a^2b^2\rho}+\sin(2\theta+\mu)\frac{R'\alpha}{\rho}\left(\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)+\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\right)+\\&+\frac{\sin(2\theta)\alpha^3\left(a^2-b^2\right)\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\left(\sqrt{3}+3\right)}{6a^2b^2\rho}+\frac{\rho^2}{2a^2b^2}\left(b^2-a^2\right)\sin(2\theta).\end{aligned} \qquad (22)$$

Тогда на упругопластической границе при $\rho=1$ из (22) вытекает:

$$\sigma_{\rho}^{\rho'} = a_0'' + a_1''\cos\theta + b_1''\sin\theta + a_2''\cos 2\theta + b_2''\sin 2\theta,$$
$$\tau_{\rho\theta}^{\rho\ '} = a_0''' + a_1'''\cos\theta + b_1'''\sin\theta + a_2'''\cos 2\theta + b_2'''\sin 2\theta, \quad (23)$$

где

$$a_2'' = \left(\frac{R'\alpha^2}{a^2} - \alpha\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\cos\mu - \alpha R'\sin(\sqrt{3}\ln\alpha)\cos\mu -$$
$$-\frac{1}{3a^2b^2}\alpha^3(b^2-a^2)\sin(\sqrt{3}\ln\alpha),$$
$$b_2'' = -\left(\frac{R'\alpha^2}{a^2} - \frac{\alpha}{\rho}\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\sin\mu - \alpha R'\sin(\sqrt{3}\ln\alpha)\sin\mu,$$
$$a_2''' = R'\alpha\left(-\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) + \cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\sin\mu,$$
$$b_2''' = R'\alpha\left(-\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) + \cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\cos\mu +$$
$$+\frac{\alpha^3\left(a^2-b^2\right)\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)}{6a^2b^2}\left(\sqrt{3}+3\right) + \frac{\left(b^2-a^2\right)}{2a^2b^2},$$
$$a_1'' = \frac{2A}{a^2}\left(1-\alpha^4\right), b_1'' = \frac{2B}{b^2}\left(1-\alpha^4\right), a_1''' = \frac{2B}{b^2}\left(\alpha^2-1\right), b_1''' = -\frac{2A}{b^2}\left(\alpha^2-1\right), \quad (24)$$
$$a_0 = \frac{-2}{a^2b^2}\left(b^2A^2 + a^2B^2\right)\ln(\alpha).$$

Для упругой области согласно [3] находим напряжения:

$$\sigma_{\rho}^{(I)e} = -\frac{2\left(b^2A^2 + a^2B^2\right)\left(\rho^2-\beta^2\right)\ln\left(\frac{1}{\alpha}\right)}{\left(\beta^2-1\right)a^2b^2\rho^2} + \frac{2\left(\alpha^4-1\right)\left(\rho^4-\beta^4\right)}{\rho^3\left(\beta^4-1\right)}\left(\frac{A\cos\theta}{a^2} + \frac{B\sin\theta}{b^2}\right) +$$
$$+\frac{1}{3}\frac{1}{\beta^4\rho^4Na^2b^2}\left(\left(\left(\beta^4\rho^4\right)\left(-\beta^2\rho^2 + 2\beta^4\rho^2 - 2\beta^2 + 4 - 2\beta^6\right) + \beta^4\left(-3 + 2\rho^2 - 1 + \beta^2\right) - \rho^4\right)\alpha\cdot\right.$$
$$\cdot\left(\left(\left(-3b^2R'\alpha + 3b^2a^2\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\cos(2\theta+\mu) + \left(3a^2b^2R'\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\cos(2\theta-\mu) +\right.\right.$$
$$\left.\left.+\left(b^2-a^2\right)\alpha^2\cos(2\theta)\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\right) +$$
$$+\frac{1}{3}\frac{1}{\rho^4Na^2b^2}\left(\left(\rho^2\left(1-\rho^2\right) + \beta^2\rho^2\left(\rho^4-\beta^2\right) + \beta^2\left(\beta^2-1\right)\right)\cdot\right.$$

$$\cdot\left(\left(6R'\alpha a^2b^2\left(-\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)+\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\right)\cdot\right.$$

$$\left.\cdot\cos(2\theta+\mu)+3\cos(2\theta)\left(a^2-b^2\right)\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\alpha^2\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)+\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)-1\right)\right),$$

$$\sigma_\theta^{(I)e}=-\frac{2\left(b^2A^2+a^2B^2\right)\left(\rho^2+\beta^2\right)\ln\left(\frac{1}{\alpha}\right)}{\left(\beta^2-1\right)a^2b^2\rho^2}+\frac{2\left(\alpha^4-1\right)\left(3\rho^4+\beta^4\right)}{\rho^3\left(\beta^4-1\right)}\left(\frac{A\cos\theta}{a^2}+\frac{B\sin\theta}{b^2}\right)+$$

$$+\frac{1}{3}\frac{1}{\beta^4\rho^4Na^2b^2}\left(\left(\left(\beta^4\rho^4\right)\left(\beta^2-2\beta^4+\rho^2\beta^2-4\rho^2\right)+\beta^4\left(3-2\beta^2-\beta^4\right)+\rho^4\left(1-2\rho^2\right)\right)\alpha\cdot\right.$$

$$\cdot\left(\left(-3b^2R'\alpha+3b^2\,\mathrm{a}^2\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\cos(2\theta+\mu)+\left(3a^2b^2R'\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\cos(2\theta-\mu)+\right.$$

$$\left.\left.+\left(b^2-a^2\right)\alpha^2\cos(2\theta)\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\right)+$$

$$+\frac{1}{3}\frac{1}{\beta^4\rho^4Na^2b^2}\left(\left(\left(\beta^4\rho^4\right)\left(\beta^2\rho^2-2\beta^4\rho^2+3\rho^4\beta^2-2\rho^4-\beta^2+2-\beta^6\right)+\beta^4\left(-3+2\beta^2+\beta^4\right)+\rho^4\left(1-2\rho^2\right)\right)\alpha\cdot\right.$$

$$\cdot\left(\left(-3b^2R'\alpha\right)\cos(2\theta-\mu)+3\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)a^2b^2\sin(2\theta+\mu)+3\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)R'a^2b^2\sin(2\theta-\mu)+\right.$$

$$\left.\left.+\left(b^2-a^2\right)\alpha^2\sin(2\theta)\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\right)+$$

$$+\frac{1}{6}\frac{1}{\beta^4\rho^4Na^2b^2}\left(\left(\beta^2\rho^2\right)\left(2\beta^2\rho^2-2\beta^4\rho^2+3\rho^4\beta^2-4\rho^4+\beta^2+2\beta^6\left(1-\rho^2\right)-\beta^6+\rho^6\right)\cdot\right.$$

$$\cdot\left(\cos(2\theta+\mu)\left(-6R'\alpha a^2b^2\right)\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)+\sin(2\theta+\mu)\left(6R'\alpha a^2b^2\right)\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)+3\sin(2\theta)\left(a^2-b^2\right)\cdot\right.$$

$$\left.\left.\cdot\left(\frac{\sqrt{3}}{3}\alpha^3\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)+\alpha^3\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)-1\right)\right)\right),$$

$$\tau_{\rho\theta}{}^{(I)e=}\frac{2\left(\alpha^4-1\right)\left(3\rho^4+\beta^4\right)}{\rho^3\left(\beta^4-1\right)}\left(\frac{A\sin\theta}{a^2}-\frac{B\cos\theta}{b^2}\right)+$$

$$+\frac{1}{3}\frac{1}{\rho^4Na^2b^2}\left(\left(\left(\beta^4\rho^4\right)\left(1-\beta^2+3\rho^2-4\rho^2\beta^2\right)+\beta^6\left(\beta^2-1\right)+\rho^6\right)\cdot\right.$$

$$\cdot\left(\cos(2\theta+\mu)\left(-6R'\alpha a^2b^2\right)\cdot\left(\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)-\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)+3\cos(2\theta)\left(a^2-b^2\right)\cdot\right.\qquad(25)$$

$$\left.\left.\cdot\left(\alpha^3\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)+\frac{\sqrt{3}}{3}\alpha^3\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)-1\right)\right)\right).$$

На основании (14), (15) в первом приближении для границы упругопластической области получим

$$\rho_s' = \frac{\sigma_\theta'^{p} - \sigma_\theta'^{e}}{\dfrac{d\sigma_\theta^{(0)e}}{d\rho} - \dfrac{d\sigma_\theta^{(0)p}}{d\rho}} = \frac{1}{4}\left(\sigma_\theta'^{e} - \sigma_\theta'^{p}\right). \quad (26)$$

Границу упругопластической области в первом приближении получим из (22), (25), (26):

$$\rho_s' = \frac{1}{4}(\sigma_\theta'^{e} - \sigma_\theta'^{p}) = \frac{1}{4}\left(M_1 + M_2 + M_3 + M_4 - N_1 - N_2 - N_3 - N_4 - N_5 - N_6 - N_7\right), \quad (27)$$

где

$$M_1 = -\frac{2\left(b^2A^2 + a^2B^2\right)\left(\rho^2 + \beta^2\right)\ln\left(\frac{1}{\alpha}\right)}{\left(\beta^2 - 1\right)a^2b^2\rho^2}, M_2 = \frac{2\left(\alpha^4 - 1\right)\left(3\rho^4 + \beta^4\right)}{\rho^3\left(\beta^4 - 1\right)}\left(\frac{A\cos\theta}{a^2} + \frac{B\sin\theta}{b^2}\right),$$

$$M_3 = \frac{1}{3}\frac{1}{\beta^4\rho^4 Na^2b^2}\left(\left(\left(\beta^4\rho^4\right)\left(\beta^2 - 2\beta^4 + \rho^2\beta^2 - 4\rho^2\right) + \beta^4\left(3 - 2\beta^2 - \beta^4\right) + \rho^4\left(1 - 2\rho^2\right)\right)\alpha \cdot \right.$$

$$\cdot\left(\left(-3b^2R'\alpha + 3b^2\,\mathrm{a}^2\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\cos\left(2\theta + \mu\right) + \left(3a^2b^2R'\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\cos\left(2\theta - \mu\right) + \right.$$

$$\left. + \left(b^2 - a^2\right)\alpha^2\cos\left(2\theta\right)\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\Big),$$

$$M_4 = \frac{1}{3}\frac{1}{\rho^4 Na^2b^2}\left(\left(\left(\beta^4\rho^4\right)\left(1 - \beta^2 + 3\rho^2 - 4\rho^2\beta^2\right) + \beta^6\left(\beta^2 - 1\right) + \rho^6\right)\cdot\right.$$

$$\cdot\left(\cos\left(2\theta + \mu\right)\left(-6R'\alpha a^2b^2\right)\cdot\left(\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) - \cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right) + 3\cos\left(2\theta\right)\left(a^2 - b^2\right)\cdot\right.$$

$$\left.\left.\left.\cdot\left(\alpha^3\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) + \frac{\sqrt{3}}{3}\alpha^3\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) - 1\right)\right)\right),$$

$$N_1 = -\frac{2\alpha^4}{a^2b^2\rho}\left(b^2a\cos\theta + a^2b\sin\theta\right), N_2 = -R'\cos\left(2\theta + \mu\right)\left(\frac{\alpha}{\rho}\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\cos\left(2\theta - \mu\right) + 1\right),$$

$$N_3 = \frac{\alpha^2\sqrt{3}\cos\left(2\theta\right)\left(a^2 - b^2\right)\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)}{3a^2b^2\rho}, N_4 = \frac{\alpha R'\sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\cos\left(2\theta - \mu\right)}{\rho},$$

$$N_5 = \left(\frac{a^2 + b^2}{6a^2b^2\rho}\right)\left(9\rho^3 - 3\alpha^2\rho\right), N_6 = \left(\frac{b^2A^2 + a^2B^2}{6a^2b^2\rho}\right)\left(12\rho\left(\ln\frac{\rho}{\alpha} + 1\right)\right),$$

$$N_7 = \frac{6\rho}{a^2b^2}\left(b^2a\cos\theta + a^2b\sin\theta\right).$$

Граница раздела упругой и пластической областей в нулевом и первом приближениях при $b = 3,\ r = 1,\ a = 2,\ \mu = 0.3,\ \alpha = 0.8,\ \beta = 2,\ N = 5,\ \rho = 1,\ A = 1,\ B = 1$ представлена на рис. 2.

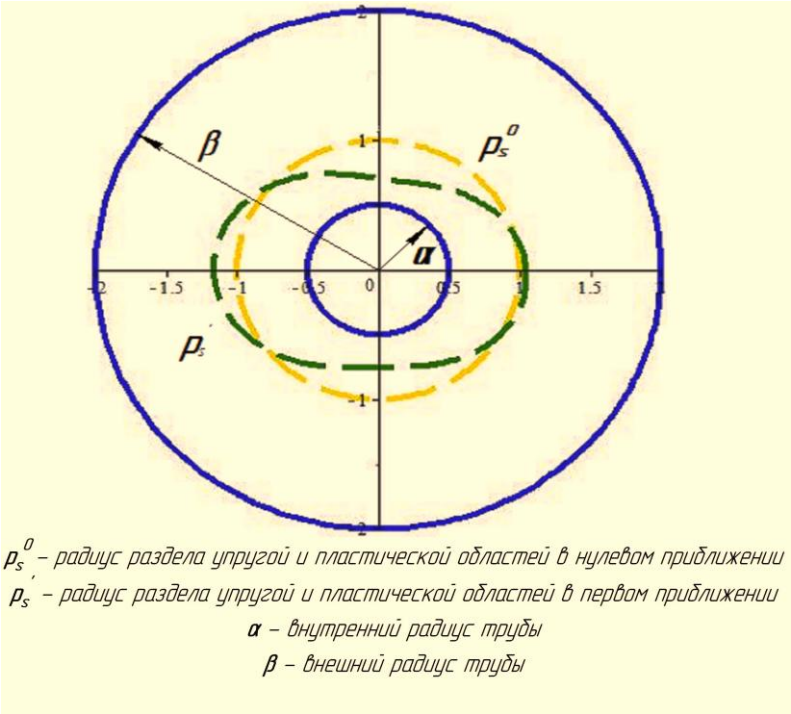


Рис. 2. ***Граница раздела упругой и пластической областей в нулевом и первом приближениях***

Резюме. Определено напряженное состояние в пластической (22) и упругой (25) зонах. Изменение границы пластической зоны находится из соотношений (27).

В отличие от предыдущих работ материал в пластической области предполагается обладающим свойствами неоднородности и трансляционной анизотропии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляев, Н. М.* Напряжения и деформации в толстостенных цилиндрах / Н. М. Беляев, А. К. Синицкий // Изв. АН СССР (ОТН). – 1938. – № 2. – С. 320–333.

2. *Бриджмен, П.* Исследование больших пластических деформаций и разрывов / П. Бриджмен. – М. : ИЛ, 1995. – 444 с.

3. *Ивлев, Д. Д.* Метод возмущений в теории упругопластического тела / Д. Д. Ивлев, Л. В. Ершов. – М. : Наука, 1978. – 208 с.

4. *Ивлев, Д. Д.* О соотношениях теории трансляционной идеальнопластической анизотропии при обобщении условия пластичности Мизеса / Д. Д. Ивлев, Л. А. Максимова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). Ч. 3. – С. 583–584.

5. *Ильюшин, А. А.* Пластичность / А. А. Ильюшин. – М. : Гостехиздат, 1948. – 377 с.

6. *Кузнецов, П. Н.* Упругопластическое состояние неоднородной плоскости, ослабленной круговым отверстием, подкрепленной включениями, ограниченными эксцентрическими окружностями, при двуосном растяжении / П. Н. Кузнецов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2009. – № 1. – С. 134–141.

7. *Максимова, Л. А.* Об упругопластическом состоянии неоднородной трубы, находящейся под действием внутреннего давления / Л. А. Максимова, С. В. Тихонов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2007. – № 2. – С. 91–95.

8. *Митрофанова, Т. В*. Об условиях трансляционной анизотропии идеальнопластических тел при кручении / Т. В. Митрофанова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). Ч. 3. – С. 596–600.

9. *Соколовский, В. В.* Теория пластичности / В. В. Соколовский. – М. : Высшая школа, 1969. – 608 с.

10. *Фоминых, С. О.* Упругоидеальнопластическое состояние анизотропной трубы / С. О. Фоминых // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). Ч. 3. – С. 623–627.

11. *Фоминых, С. О.* Упругопластическое состояние толстостенной трубы при взаимодействии различных видов пластической анизотропии / С. О. Фоминых // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2011. – № 1 (9). – С. 211–226.

УДК 539.374

УПРУГОПЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТРАНСЛЯЦИОННО-АНИЗОТРОПНОЙ ЛИНЕЙНО-НЕОДНОРОДНОЙ ТРУБЫ, НАХОДЯЩЕЙСЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ВНУТРЕННЕГО ДАВЛЕНИЯ

ELASTOPLASTIC STATE OF TRANSLATIONAL ANISOTROPIC LINEAR INHOMOGENEOUS PIPE UNDER INTERNAL PRESSURE

А. В. Никитин, С. В. Тихонов

A. V. Nikitin, S. V. Tikhonov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Рассматривается упругопластическое состояние линейно-неоднородной трубы, находящейся под действием внутреннего давления при трансляционной анизотропии. Материал предполагается неоднородным и обладающим свойствами трансляционной анизотропии в пластической области. Неоднородность материала заключается в том, что предел текучести зависит от координат, причем он постоянен вдоль параллельных прямых. Определены напряженное состояние и граница раздела упругой и пластической областей.

Abstract. This paper considers the elastoplastic state of linear inhomogeneous pipe under internal pressure at translational anisotropy. The material is assumed to be inhomogeneous and characterized by translational anisotropy in plastic region. The inhomogeneity of the material is about the yield stress depending on the coordinates, and it's permanent along the parallel lines. The stress state and interface of the elastic and plastic regions are determined.

Ключевые слова: *упругость, пластичность, неоднородность, труба, трансляционная анизотропия.*

Keywords: *elasticity, plasticity, inhomogeneity, pipe, translational anisotropy.*

Актуальность исследуемой проблемы. Задачи определения напряженно-деформированного состояния неоднородных тел находят широкое применение в реакторной технике, при образовании горных выработок, при проектировании сложных структур (различных сплавов, конструкций, состоящих из двух или более материалов) и др. Результаты решения задач упругопластического состояния линейно-неоднородных труб позволяют учитывать влияние трансляционной анизотропии на линейно-неоднородную трубу, находящуюся под действием внутреннего давления.

Материал и методика исследований. В ходе работы применялись методы математического анализа и апробированные модели механического поведения тел. Решение найдено методом последовательных приближений.

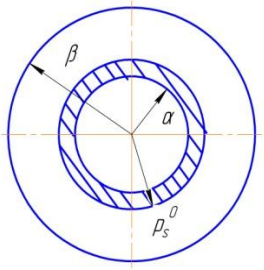
Результаты исследований и их обсуждение. Решению задач теории пластичности для неоднородных тел посвящена обширная литература. В 50–60-е годы прошлого столетия особое развитие теория пластичности неоднородных тел получила в труде

польской школы механиков под руководством профессора В. Ольшака [12]. Упругопластическое состояние неоднородных тел изучали такие авторы, как С. В. Тихонов [15], П. Н. Кузнецов [8], [9], Л. А. Максимова [10] и др. Отметим также фундаментальные исследования Н. М. Беляева и А. К. Синицкого [1], П. У. Бриджмена [2], В. В. Соколовского [14], А. А. Ильюшина [6] и др.

Пластическое деформирование сопровождается приобретением материалом свойств пластической анизотропии. Среди моделей пластических тел, описывающих приобретение материалом свойств пластической анизотропии, следует выделить модели трансляционного упрочнения, предложенные А. Ю. Ишлинским [7] и В. Прагером [13]. На основе подобных представлений Д. Д. Ивлев [3] и его сотрудники предложили модель идеальнопластического тела с трансляционной анизотропией. Обычно идеальная пластическая анизотропия рассматривается на основе представлений Мизеса–Хилла. Подобные модели в исходном варианте не учитывают эффект Баушингера, проявляющийся в изменении пределов текучести при растяжении – сжатии. Модели идеальнопластического тела с трансляционной анизотропией учитывают подобные эффекты.

Упругопластические задачи с учетом трансляционной анизотропии рассмотрены в работах Т. В. Митрофановой [11], С. О. Фоминых [16], [17], [18].

В данной задаче рассматривается развитие идей [10], [11], [15], [16], [18], а именно наложение трансляционной анизотропии на неоднородность материала. В отличие от ранее рассмотренных задач в данной статье предполагается, что предел текучести постоянен вдоль параллельных прямых.



p_s^0 – радиус раздела упругой и пластической областей в нулевом приближении
α – внутренний радиус трубы
β – внешний радиус трубы

Рис. 1. ***Толстостенная труба радиусов*** $\alpha, \beta;\ \alpha < \beta$

Рассмотрим толстостенную трубу радиусов $\alpha, \beta;\ \alpha < \beta$ (рис. 1). Условие пластичности примем в таком виде [5]:

$$\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} - \frac{k_1 - k_2}{2}\right)^2 + \left(\tau_{xy} - k_3\right)^2 = k_{xy}^2,\ \ k_1, k_2, k_3 - const\ , \tag{1}$$

где $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$ – компоненты напряжения в декартовой системе координат.

Положим

$$k_{xy} = k_0 + \delta(\bar{a}x + \bar{b}y),\ \ k_0, \bar{a}, \bar{b} - const, \tag{2}$$

где δ – малый безразмерный параметр.

В последующем все величины, которые имеют размерность напряжения, предполагаются безразмерными, отнесенными к величине предела текучести k_0. Компонентам напряжений в пластической зоне приписан индекс *« p »* наверху, компонентам в упругой зоне – индекс *« e »* наверху.

Связь между напряжениями в декартовой системе координат x, y и напряжениями в полярной системе координат ρ, θ имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
\sigma_x &= \frac{\sigma_\rho + \sigma_\theta}{2} + \frac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{2}\cos 2\theta + \tau_{\rho\theta}\sin 2\theta, \\
\sigma_y &= \frac{\sigma_\rho + \sigma_\theta}{2} - \frac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{2}\cos 2\theta - \tau_{\rho\theta}\sin 2\theta, \\
\tau_{xy} &= -\frac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{2}\sin 2\theta + \tau_{\rho\theta}\cos 2\theta.
\end{aligned} \tag{3}$$

Перейдем к полярным координатам:

$$x = \rho\cos\theta, \;\; y = \rho\sin\theta. \tag{4}$$

Из (3), (4) имеем условие пластичности в полярных координатах:

$$\begin{aligned}
&\left(\frac{\sigma_\rho^p - \sigma_\theta^p}{2}\right)^2 + \left(\tau_{\rho\theta}^p\right)^2 - 2R\left(\frac{\sigma_\rho^p - \sigma_\theta^p}{2}\right)\cos(2\theta + \mu) - \\
&-2\tau_{\rho\theta}^p \sin(2\theta + \mu) + R^2 - 1 - 2\rho\delta R_0 \sin(\theta + \eta) = 0,
\end{aligned} \tag{5}$$

где

$$R = \sqrt{\left(\frac{k_1 - k_2}{2}\right)^2 + k_3^2}, \;\; \frac{k_1 - k_2}{2R} = \cos\mu, \;\; \frac{k_3}{2} = \sin\mu,$$

$$R_0 = \sqrt{a^2 + b^2}, \; \frac{a}{2\sqrt{a^2 + b^2}} = \cos\eta, \; \frac{b}{2\sqrt{a^2 + b^2}} = \sin\eta.$$

Предположим

$$k_1 = \delta_1 k_1', \; k_2 = \delta_1 k_2', \; k_3 = \delta_1 k_3'. \tag{6}$$

Обозначим, что $R = \delta_1 R^{'}$, $R' = \sqrt{\left(\frac{k_1' - k_2'}{2}\right) + k_3'}$. В дальнейшем положим, что $\delta_1 = g_1\delta_1$ и $0 \le g_1 \le 1$.

Уравнения равновесия в полярной системе координат имеют следующий вид:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \sigma_\rho}{\partial \rho} + \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial \tau_{\rho\theta}}{\partial \theta} + \dfrac{\sigma_\rho - \sigma_\theta}{\rho} = 0, \\ \dfrac{\partial \tau_{\rho\theta}}{\partial \rho} + \dfrac{1}{\rho}\dfrac{\partial \sigma_\theta}{\partial \theta} + \dfrac{2\tau_{\rho\theta}}{\rho} = 0. \end{cases} \quad (7)$$

Положим, что искомое решение зависит от некоторого параметра δ, будем искать решение в виде

$$\sigma_{ij} = \sigma_{ij}^{(0)} + \sigma_{ij}'\delta + \sigma_{ij}''\delta^2 + \ldots, \quad \rho_s = \rho_s^{(0)} + \rho_s'\delta + \rho_s''\delta^2 + \ldots, \quad (8)$$

где ρ_s – радиус пластической зоны.

Впоследствии перейдем к безразмерным значениям радиусов трубы α, β и черту сверху у величин $\bar{a}, \bar{b}$ опустим. Положим, что $б = \alpha / \rho_s^{(0)}$, $\beta = \beta / \rho_s^{(0)}$, где $\rho_s^{(0)}$ – радиус пластической зоны в нулевом приближении.

Согласно (2) предел текучести *k* сохраняет постоянное значение вдоль прямых

$$ax + by = c, \quad c - const \quad (9)$$

и изменяется в зависимости от изменения величины c.

Будем считать, что на внутренней поверхности трубы действует постоянное давление *p*, а внешняя поверхность свободна от усилий.

Положим, что искомое решение зависит от некоторого параметра δ, будем искать решение в виде (8).

В исходном нулевом приближении имеет место осесимметричное состояние трубы:

$$\tau_{\rho\theta}^{(0)} = 0. \quad (10)$$

Из (1), (8), (10) имеет место

$$\sigma_\rho^{(0)\mathrm{p}} - \sigma_\theta^{(0)\mathrm{p}} = -2. \quad (11)$$

Решая совместно (7), (10), (11), получим

$$\sigma_\rho^{(0)\mathrm{p}} = 2\ln\rho + C, \sigma_\theta^{(0)\mathrm{p}} = 2 + 2\ln\rho + C, \quad (12)$$

где *C – const.*

Предположим, что на внутренней границе действует постоянное давление *p*, внешняя граница трубы свободна от усилий:

$$\sigma_\rho^{(0)p}\Big|_{\rho=\alpha} = -p, \quad \sigma_\rho^{(0)e}\Big|_{\rho=\beta} = 0. \quad (13)$$

Из (12), (13) имеют место

$$\sigma_\rho^{(0)\mathrm{p}} = -p + 2\ln\frac{\rho}{\alpha}, \quad \sigma_\theta^{(0)\mathrm{p}} = -p + 2 + 2\ln\frac{\rho}{\alpha}. \quad (14)$$

Решение в упругой области в нулевом приближении будем искать в виде

$$\sigma_\rho^{(0)e} = A - B\frac{1}{\rho^2}, \sigma_\theta^{(0)e} = A + B\frac{1}{\rho^2}, \tau_{\rho\theta}^{(0)e} = 0. \quad (15)$$

Условия сопряжения компонент напряжений на упругопластической границе имеют следующий вид:

$$\sigma_\rho^{(0)p}\Big|_{\rho=1} = \sigma_\rho^{(0)e}\Big|_{\rho=1}, \quad \sigma_\theta^{(0)p}\Big|_{\rho=1} = \sigma_\theta^{(0)e}\Big|_{\rho=1}. \quad (16)$$

Из (16) согласно (13), (14)

$$\sigma_\rho^{(0)e} = \frac{p + 2\ln\alpha}{\beta^2 - 1}\left(1 - \frac{\beta^2}{\rho^2}\right), \quad \sigma_\theta^{(0)e} = \frac{p + 2\ln\alpha}{\beta^2 - 1}\left(1 + \frac{\beta^2}{\rho^2}\right). \tag{17}$$

Радиус упругопластической зоны в нулевом приближении определяется соотношением $\beta^2 = \dfrac{1}{1 - 2\ln\alpha - p}$.

Переходя к полярным координатам, по формуле (4) из (1), (2), (8), (11), (12) получим в первом приближении

$$\sigma_\vartheta'^p - \sigma_\rho'^p = -2(R'\cos(2\theta + \mu)) + 2(a\rho\cos\theta + b\rho\sin\theta). \tag{18}$$

Уравнения равновесия (7) удовлетворим, полагая, что

$$\sigma'^p_\rho = \frac{1}{\rho}\frac{\partial\Phi}{\partial\rho} + \frac{1}{\rho^2}\frac{\partial^2\Phi}{\partial\theta^2}, \quad \sigma'^p_\theta = \frac{\partial^2\Phi}{\partial\rho^2}, \quad \tau'^p_{\rho\theta} = -\frac{\partial}{\partial\rho}\left(\frac{1}{\rho}\frac{\partial\Phi}{\partial\theta}\right). \tag{19}$$

Из (18), (19) имеет место

$$\rho^2\frac{\partial^2\Phi}{\partial\rho^2} - \rho\frac{\partial\Phi}{\partial\rho} - \frac{\partial^2\Phi}{\partial\theta^2} = -2R'\rho^2\cos(2\theta + \mu) + 2\rho^3(a\cos\theta + b\sin\theta). \tag{20}$$

В первом приближении граничные условия согласно [4] имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \sigma_\rho'^p\,|_{\rho=\alpha} &= 0, \\ \tau'^p_{\rho\theta}\,|_{\rho=\alpha} &= 0. \end{aligned} \tag{21}$$

Решение в пластической зоне будет определяться из (18), (19), (20), (21):

$$\begin{aligned} \sigma_\rho'^p &= -R'\left(\frac{\alpha}{\rho}\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right) + \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\right) - 1\right)g_1\cos(2\theta + \mu) + \\ &+ (a\cos\theta + b\sin\theta)\left(-\frac{\alpha^2}{\rho} + \rho\right), \\ \sigma_\theta'^p &= -R'\left(\frac{\alpha}{\rho}\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right) + \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\right) + 1\right)g_1\cos(2\theta + \mu) + \\ &+ (a\cos\theta + b\sin\theta)\left(-\frac{\alpha^2}{\rho} + 3\rho\right), \\ \tau'^p_{\rho\theta} &= R'\left(\frac{\alpha}{\rho}\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right) - \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\frac{\rho}{\alpha}\right)\right) - 1\right)g_1\sin(2\theta + \mu) + \\ &+ (-b\cos\theta + a\sin\theta)\left(-\frac{\alpha^2}{\rho} + \rho\right). \end{aligned} \tag{22}$$

На упругопластической границе при $\rho = 1$ из (22) следует:

$$\begin{aligned} \sigma_\rho'^p &= a_1''\cos\theta + b_1''\sin\theta + a_2''\cos 2\theta + b_2''\sin 2\theta, \\ \tau'^p_{\rho\theta} &= a_1'''\cos\theta + b_1'''\sin\theta + a_2'''\cos 2\theta + b_2'''\sin 2\theta, \end{aligned} \tag{23}$$

где

$$a_2'' = -R'\alpha\cos\mu\left[\cos(\sqrt{3}\ln\alpha) - \sqrt{3}\sin(\sqrt{3}\ln\alpha)\right] + R'\cos\mu,$$

$$b_2'' = R'\sin\mu\left[\cos(\sqrt{3}\ln\alpha) - \sqrt{3}\sin(\sqrt{3}\ln\alpha)\right] - R'\sin\mu,$$

$$a_2''' = R'\alpha\sin\mu\left[\cos(\sqrt{3}\ln\alpha) + \sqrt{3}\sin(\sqrt{3}\ln\alpha)\right] - R'\sin\mu,$$

$$b_2''' = R'\alpha\cos\mu\left[\cos(\sqrt{3}\ln\alpha) + \sqrt{3}\sin(\sqrt{3}\ln\alpha)\right] - R'\cos\mu,$$

$$a_1'' = (-\alpha^2 a + a), b_1'' = (-\alpha^2 b + b), a_1''' = (\alpha^2 b - b), b_1''' = (-\alpha^2 a + a). \quad (24)$$

Напряжения в упругой области определим согласно [3]:

$$\sigma_p'^e = \frac{\alpha^2 - 1}{\beta^4 - 1}(\rho - \frac{\beta^4}{\rho^3})(\text{acos}\,\theta + \text{bsin}\,\theta) +$$

$$+\frac{1}{\beta^4\rho^4 N}(\beta^4\rho^4 + 2\beta^6\rho^4 - \rho^4 - 3\beta^4 + 2\beta^6 + \beta^8 - 2\beta^4\rho^2 + 4\beta^2\rho^2 - 2\beta^8\rho^2)\cdot$$

$$\cdot R'\left[\alpha\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) - \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right) - 1\right] g_1\cos(2\theta + \mu) +$$

$$+\frac{1}{\rho^4 N}(2\beta^2\rho^4 - 2\rho^4 + 2\beta^4 - 2\beta^2 + 2\rho^2 - 2\beta^4\rho^2)\cdot$$

$$\cdot R'\left[\alpha\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) + \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right) - 1\right] g_1\cos(2\theta + \mu),$$

$$\sigma_\theta'^e = \frac{\alpha^2 - 1}{\beta^4 - 1}(\rho + \frac{\beta^4}{\rho^3})(\text{acos}\,\theta + \text{bsin}\,\theta) +$$

$$+\frac{1}{\beta^4\rho^4 N}(\beta^4\rho^4 - 2\beta^6\rho^4 + \rho^4 + 3\beta^4 - 2\beta^6 - \beta^8 + 6\beta^4\rho^6 - 4\beta^2\rho^6 - 2\rho^6)\cdot$$

$$\cdot R'\left[\alpha\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) - \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right) - 1\right] g_1\cos(2\theta + \mu) + \quad (25)$$

$$+\frac{1}{\beta^4\rho^4 N}(2\beta^4\rho^4 - 2\beta^6\rho^4 + 2\beta^8 - 2\beta^6 + 3\rho^6\beta^4 - 4\beta^2\rho^6 + \rho^6)\cdot$$

$$\cdot R'\left[\alpha\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) + \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right) - 1\right] g_1\cos(2\theta + \mu),$$

$$\tau_{\rho\theta}'^e = \frac{\alpha^2 - 1}{\beta^4 - 1}(\rho - \frac{\beta^4}{\rho^3})(-\text{bcos}\,\theta + a\sin\theta) +$$

$$+\frac{1}{\beta^4\rho^4 N}(\beta^4\rho^4 - 2\beta^6\rho^4 + \rho^4 - 3\beta^4 + 2\beta^6 + \beta^8 + 3\beta^4\rho^6 - 2\beta^2\rho^6 - \rho^6 - \beta^4\rho^2 + 2\beta^2\rho^2 - \beta^8\rho^2)\cdot$$

$$\cdot R'\left[\alpha\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) - \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right) - 1\right] g_1\sin(2\theta + \mu) +$$

$$+\frac{1}{\beta^4\rho^4 N}(2\beta^4\rho^4 - 2\beta^6\rho^4 - 2\beta^8 + 2\beta^6 + 3\rho^6\beta^4 - 4\beta^2\rho^6 + \rho^6 + \beta^4\rho^2 - \beta^8\rho^2)\cdot$$

$$\cdot R'\left[\alpha\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) + \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right) - 1\right] g_1\sin(2\theta + \mu).$$

С учетом (14) и (15) для определения границы упругопластической области в первом приближении имеем формулу:

$$\rho_s' = \frac{\sigma_\theta'^p - \sigma_\theta'^e}{\frac{d\sigma_\theta^{(0)e}}{d\rho} - \frac{d\sigma_\theta^{(0)p}}{d\rho}} = \frac{1}{4}\left(\sigma_\theta'^e - \sigma_\theta'^p\right). \tag{26}$$

Из (22), (25) и (26) получим границу упругопластической области в первом приближении:

$$\rho_S' = \frac{1}{4}(\sigma_\theta'^e - \sigma_\theta'^p) = \frac{1}{4}(a\cos\theta + b\sin\theta)((\frac{\alpha^2-1}{\beta^4-1})(1+\beta^4) - (3-\alpha^2)) +$$

$$+\frac{1}{4\beta^4\rho^4 N}(2\beta^4\rho^4 - 2\beta^6\rho^4 + 2\rho^8 - 2\beta^6 - 6\beta^4\rho^6 - 8\beta^2\rho^6 + 2\rho^6)\cdot \tag{27}$$

$$\cdot R'\left[\alpha\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) + \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right) - 1\right] g_1\cos(2\theta+\mu) +$$

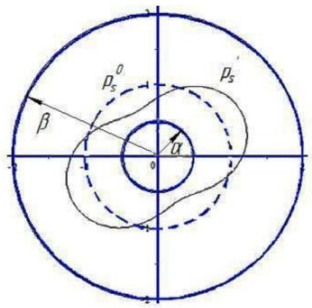
$$+(\frac{1}{4\beta^4\rho^4 N}(\beta^4\rho^4 - 2\beta^6\rho^4 + \rho^4 + 3\beta^4 - 2\beta^6 - \beta^8 + 6\beta^4\rho^6 - 4\beta^2\rho^6 - 2\rho^6) + 1)\cdot$$

$$\cdot R'\left[\alpha\left(\cos\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right) - \sqrt{3}\sin\left(\sqrt{3}\ln\alpha\right)\right)\right] g_1\cos(2\theta+\mu) -$$

$$-(\frac{1}{4\beta^4\rho^4 N}(\beta^4\rho^4 - 2\beta^6\rho^4 + \rho^4 + 3\beta^4 - 2\beta^6 - \beta^8 + 6\beta^4\rho^6 - 4\beta^2\rho^6 - 2\rho^6) - 1)\cdot$$

$$\cdot R' g_1\cos(2\theta+\mu).$$

Граница раздела упругой и пластической областей в нулевом и первом приближениях при $b = 0.002$, $R' = 1.2$, $a = 0.1$, $g1 = 1.6$, $\mu = 5.3$, $\alpha = 0.1$, $\beta = 2.7$, $N = 25$, $\rho = 2.5$ представлена на рис. 2.



p_s^0 – радиус раздела упругой и пластической областей в нулевом приближении
p_s' – радиус раздела упругой и пластической областей в первом приближении
α – внутренний радиус трубы
β – внешний радиус трубы

Рис. 2. ***Граница раздела упругой и пластической областей в нулевом и первом приближениях***

Резюме. Напряженное состояние в пластической (22) и упругой (25) зонах полностью определено. Изменение границы пластической зоны определяется из соотношений (27).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Беляев, Н. М.* Напряжения и деформации в толстостенных цилиндрах / Н. М. Беляев, А. К. Синицкий // Изв. АН СССР (ОТН). – 1938. – № 2. – С. 320–333.

2. *Бриджмен, П.* Исследование больших пластических деформаций и разрывов / П. Бриджмен. – М. : ИЛ, 1955. – 444 с.

3. *Ивлев, Д. Д.* К теории идеальной пластической анизотропии / Д. Д. Ивлев // Прикладная математика и механика. – 1959. – Вып. 6. – С. 1107–1114.

4. *Ивлев, Д. Д.* Метод возмущений в теории упругопластического тела / Д. Д. Ивлев, Л. В. Ершов. – М. : Наука, 1978. – 208 с.

5. *Ивлев, Д. Д.* О соотношениях теории трансляционной идеальнопластической анизотропии при обобщении условия пластичности Мизеса / Д. Д. Ивлев, Л. А. Максимова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). – Ч. 3. – С. 583–584.

6. *Ильюшин, А. А.* Пластичность / А. А. Ильюшин. – М. : Гостехиздат, 1948. – 377 с.

7. *Ишлинский, А. Ю.* Общая теория пластичности с линейным упрочнением / А. Ю. Ишлинский // Украинский математический журнал. – 1954. – Т. 6. – № 3. – С. 314–325.

8. *Кузнецов, П. Н.* Упругопластическое состояние неоднородной плоскости, ослабленной круговым отверстием, подкрепленной включениями, ограниченными эксцентрическими окружностями, при двуосном растяжении / П. Н. Кузнецов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2009. – № 1. – С. 134–141.

9. *Кузнецов, П. Н.* Упругопластическое состояние тел с неоднородными включениями : автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук : 01.02.04 / П. Н. Кузнецов. – Чебоксары, 2009. – 15 с.

10. *Максимова, Л. А.* Об упругопластическом состоянии неоднородной трубы, находящейся под действием внутреннего давления / Л. А. Максимова, С. В. Тихонов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2007. – № 2. – С. 91–95.

11. *Митрофанова, Т. В.* Об условиях трансляционной анизотропии идеальнопластических тел при кручении / Т. В. Митрофанова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). Ч. 3. – С. 596–600.

12. *Ольшак, В.* Теория пластичности неоднородных тел / В. Ольшак, Я. Рыхлевский, В. Урбановский. – М. : Мир, 1964. – 156 с.

13. *Прагер, В.* Проблемы теории пластичности / В. Прагер. – М. : Физматгиз., 1958. – 136 с.

14. *Соколовский, В. В.* Теория пластичности / В. В. Соколовский. – М. : Высшая школа, 1969. – 608 с.

15. *Тихонов, С. В.* Упругопластическое состояние неоднородных тел, ослабленных отверстиями : автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук : 01.02.04 / С. В. Тихонов. – Чебоксары, 2007. – 75 с.

16. *Фоминых, С. О.* Упругоидеальнопластическое состояние анизотропной трубы / С. О. Фоминых // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2010. – № 2 (8). Ч. 3. – С. 623–627.

17. *Фоминых, С. О.* Упругопластическое состояние тел, ослабленных отверстиями при наличии трансляционной анизотропии : автореф. дис. … канд. физ.-мат. наук : 01.02.04 / С. О. Фоминых. – Чебоксары, 2011. – 15 с.

18. *Фоминых, С. О.* Упругопластическое состояние толстостенной трубы при взаимодействии различных видов пластической анизотропии / С. О. Фоминых // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2011. – № 1 (9). – С. 211–226.

УДК: 517.925.7

ТОЧНЫЕ КРИТЕРИИ СУЩЕСТВОВАНИЯ ПОДВИЖНЫХ ОСОБЫХ ТОЧЕК РЕШЕНИЯ ОДНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ОБЫКНОВЕННОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ

EXACT CRITERIA OF EXISTENCE OF MOVABLE SPECIAL POINTS FOR SOLUTION OF A NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATION

В. Н. Орлов, М. П. Гузь

V. N. Orlov, M. P. Guz

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Рассматривается обыкновенное нелинейное дифференциальное уравнение первого порядка с полиномиальной частью четвертой степени, обладающее подвижными особыми точками и в общем случае неразрешимое в квадратурах. Предлагаются точные критерии существования подвижных особых точек решений данного уравнения. На их основе строится алгоритм нахождения подвижных особых точек решения уравнения с заданной точностью. Рассмотрен случай действительной области.

Abstract. The article considers an ordinary nonlinear differential equation of the first order with polynomial part of the fourth degree with solutions having movable singularities and in general non-solvable in quadratures. The article suggests the exact criteria of existence of movable special points for solutions of this equation. On this basis the algorithm of finding the movable special points for solutions of the equation is made. The case of the valid area is considered.

Ключевые слова: *нелинейное дифференциальное уравнение, задача Коши, необходимые и достаточные условия существования, подвижные особые точки, точные критерии существования.*

Keywords: *nonlinear differential equation, Cauchy's problem, necessary and sufficient conditions of existence, movable special points, exact criteria of existence.*

Актуальность исследуемой проблемы. Проблема разрешимости нелинейных дифференциальных уравнений рассматривается уже в течение двух веков. Причина этой проблемы состоит в наличии подвижных особых точек решения, которые относят эти нелинейные дифференциальные уравнения к классу уравнений, в общем случае неразрешимых в квадратурах, и невозможности, в связи с этим, применения к таким уравнениям известных численных и аналитических приближенных методов решения. В последнее время появились работы [4], [5], [6], [8], [10], [11], [12], [13], в которых предлагается метод приближенного решения данной категории уравнений. Метод применялся к уравнениям Абеля [4], Риккати [12], Пенлеве [10], а также к нелинейным уравнениям первого порядка с полиномиальной частью пятой степени [6]. В данной работе он применяется к уравнению с полиномиальной частью четвертого порядка. Этот метод содержит шесть задач, возникающих в результате исследований. В работах [2], [3], [7], [9] решены три

задачи из этого перечня: доказательство теорем существования и единственности решения нелинейного дифференциального уравнения в области аналитичности и в окрестности подвижной особой точки; построение аналитических продолжений рассматриваемого уравнения; исследование влияния возмущения начальных данных и подвижной особой точки на приближенное решение. В статье предлагается решение четвертой задачи: получения точных критериев существования подвижных особых точек. Решение этой задачи является основой для алгоритмов нахождения подвижных особых точек с заданной точностью.

Материал и методика исследований. Используются методы аналитической теории дифференциальных уравнений, вычислительной математики, математического анализа, численного моделирования.

Результаты исследований и их обсуждение. Рассмотрим нелинейное дифференциальное уравнение

$$y'(x) = f_0(x) + f_1(x)\cdot y(x) + f_2(x)\cdot y^2(x) + f_3(x)\cdot y^3(x) + f_4(x)\cdot y^4(x), \qquad (1)$$

где f_i – функции действительной переменной в некоторой рассматриваемой области.

Данное дифференциальное уравнение с помощью замены переменной $y = w\cdot(u_1 + v_1)$ при условии

$$\frac{1}{3f_4(x)} = \frac{2f^2(x)}{3f_3(x)} = \frac{3f_1(x)f_4(x) + f_4'(x)}{2f_4(x)f_2(x)}$$

приводится к нормальному виду [9]:

$$y'(x) = y^4(x) + r(x), \qquad (2)$$

который вместе с начальным условием

$$y(x_0) = x_0 \qquad (3)$$

составляет задачу Коши.

Рассмотрим задачу Коши для инверсного уравнения

$$u'(x)u^2(x) = -1 - r(x)\cdot u^4(x), \qquad (4)$$

полученного с помощью замены

$$y(x) = \frac{1}{u(x)}, \qquad (5)$$

с начальным условием

$$u(x_0) = u_0. \qquad (6)$$

Для оптимизации поиска подвижных особых точек, так же как и в публикациях [5], [6], [12], [13], используются факты математического анализа о связи локальных экстремумов прямой и инверсной функций. Данная теорема работает и в нашем случае.

Теорема 1. *Пусть* $y(x)$ *– решение задачи (2)–(3) и* $u(x)$ *– решение задачи Коши (4), (6) – непрерывны на отрезке* $[a;b]$.

Для того, чтобы решение задачи (2)–(3) $y(x)$ *имело в точке* $c \in (a,b)$ *локальный максимум (минимум),* $y(c) = const > 0$ $(y(c) = const < 0)$, *необходимо и достаточно, чтобы решение задачи (4), (6)* $u(x)$ *в этой точке имело локальный минимум (максимум).*

Доказательство основано на необходимых и достаточных условиях локального экстремума.

Теорема 2. *Пусть функция* $y(x)$ *является решением задачи Коши (2)–(3) и определена на промежутке* $[x_0; x^*)$, *где* x^* *– подвижная особая точка данной функции, причем* $x^* > x_0$. *Тогда существует такая окрестность* $[a; x^*)$ *точки* x^*, *в которой* $y(x) > 0,\ y'(x) > 0,\ y''(x) > 0$, ($y(x) < 0,\ y'(x) < 0,\ y''(x) < 0$).

Доказательство. Решение функции $y(x)$ в окрестности подвижной особой точки (слева) в соответствии с [4], [5], [10], [12], [13] представимо в виде

$$y(x) = (x - x^*)^{\rho} \sum_{n=0}^{\infty} C_n (x - x^*)^{n/3}, \tag{7}$$

где $\rho = -1/3,\ C_0 = -1/\sqrt[3]{3},\ C_i = 0$, i = 1, 2, 3, 5, 6, 9.

На основании теоремы существования [5] имеется точка $x_1 \in [x_0; x^*)$ такая, что правильная часть ряда (7) сходится на промежутке $[x_1; x^*)$. Представим (7) в следующем виде:

$$y(x) = -\frac{1}{\sqrt[3]{3(x - x^*)}} + C_4 (x - x^*) + C_7 (x - x^*)^2 + C_8 (x - x^*)^{7/3} + C_{10} (x - x^*)^3 + \ldots . \tag{8}$$

Дифференцируя (8) по x, получаем

$$y'(x) = \frac{1}{3\sqrt[3]{3(x - x^*)^4}} + C_4 + 2C_7 (x - x^*) + \frac{7}{3} C_8 (x - x^*)^{4/3} + 3C_{10} (x - x^*)^2 + \ldots . \tag{9}$$

Обозначим

$$y'(x) = g_1(x) + h_1(x),$$

$$g_1(x) = \frac{4}{3\sqrt[3]{3(x - x^*)^4}};\ \ h_1(x) = C_4 + 2C_7 (x - x^*) + \frac{7}{3} C_8 (x - x^*)^{4/3} + 3C_{10} (x - x^*)^2 + \ldots . .$$

Так как $g_1(x) \to +\infty$ и $h_1(x) \to C_4$ при $x \to x^* - 0$, то существует такая точка x_2, при этом $x_2 \geq x_1$, и $\forall x \in [x_2; x^*)$ будет верно неравенство

$$g_1(x) > h_1(x).$$

Поскольку $g_1(x)$ – правильная часть ряда (9), следовательно, $y'(x) > 0$.

Дифференцируя дважды (7) по x, получаем

$$y''(x) = \frac{4}{9\sqrt[3]{3(x^* - x)^7}} - 2C_7 - \frac{28}{9} C_8 (x^* - x)^{1/3} - 6C_{10} (x^* - x) + \ldots . \tag{10}$$

Представим вторую производную в виде

$$y''(x) = g_2(x) + h_2(x),$$

где $g_2(x) = \dfrac{4}{9\sqrt[3]{3(x^* - x)^7}}$, $h_2(x) = -2C_7 - \dfrac{28}{9} C_8 (x^* - x)^{1/3} - 6C_{10} (x^* - x) + \ldots .$

Так как $g_2(x) \to +\infty$ и $h_2(x) \to -2C_7$ при $x \to x^* - 0$, то существует такая точка x_3, что $x_3 \geq x_1$, и $\forall x \in [x_3; x^*)$ будет верно неравенство

$$g_2(x) > h_2(x).$$

Поскольку $g_2(x)$ – правильная часть ряда (10), следовательно, $y''(x) > 0$.

Теорема 3. *Пусть* $y(x)$ *– решение задачи* (2)–(3). *Для того, чтобы* x^* *являлась подвижной особой точкой решения* $y(x)$, *необходимо и достаточно, чтобы функция* $x(u)$, *обратная к решению инверсной задачи Коши* (5)–(6), *удовлетворяла следующим условиям:*

$$x(0) = x^*,\ x'(0) = 0,\ x''(0) = 0,\ x'''(0) = -2. \tag{11}$$

Доказательство. Необходимость. С учетом инверсии представим $u(x)$ в виде регулярного ряда [1], [13]:

$$u(x) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n (x - x^*)^{n/3}, \tag{12}$$

где x^* является нулем инверсной функции.

С учетом того, что $u(x^*) = 0$, на основании обращения рядов [1] следует, что

$$(x - x^*)^{1/3} = B_1 u + B_2 u^2 + B_3 u^3 + B_4 u^4 + \dots,$$

где

$$B_1 = C_0 = -1/\sqrt[3]{3}, \tag{13}$$

или

$$x - x^* = (B_1 u + B_2 u^2 + B_3 u^3 + B_4 u^4 + \dots)^3.$$

Отсюда получаем, что

$$x - x^* = B_1^{\,3} u^3 + \widetilde{B}_2 u^4 + \widetilde{B}_3 u^5 + \widetilde{B}_4 u^6 + \dots. \tag{14}$$

Это соотношение доказывает пункт 1 в теореме 3 о голоморфности функции $x(u)$ в некоторой окрестности $(0; x^*)$.

Дифференцируя (14) по *u*, получаем:

$$x' = 3B_1^{\,3} u^2 + 4\widetilde{B}_2 u^3 + 5\widetilde{B}_3 u^4 + 6\widetilde{B}_4 u^5 + \dots,$$

$$x'' = 6B_1^{\,3} u + 12\widetilde{B}_2 u^2 + 20\widetilde{B}_3 u^3 + 30\widetilde{B}_4 u^4 + \dots,$$

$$x''' = 6B_1^{\,3} + 24\widetilde{B}_2 u + 60\widetilde{B}_3 u^2 + 120\widetilde{B}_4 u^3 + \dots.$$

Находим $x'(0) = 0,\ x''(0) = 0,\ x'''(0) = 6B_1^{\,3} = 6(-1/\sqrt[3]{3})^3 = -2$. Что и требовалось доказать.

Достаточность.

Покажем, что $y(x)$ в окрестности подвижной особой точки имеет аналитическую структуру.

По условию теоремы 3 имеем:

$$x(u) = B_0 + B_1 u + B_2 u^2 + B_3 u^3 + B_4 u^4 + \dots\ , \tag{15}$$

тогда

$$x' = B_1 + 2B_2 u + 3B_3 u^2 + 4B_4 u^3 + 5B_5 u^4 \dots,$$

$$x'' = 2B_2 + 6B_3 u + 12B_4 u^2 + 20B_5 u^3 \dots,$$

$$x''' = 6B_3 + 24B_4 u + 60B_5 u^4 \dots.$$

Из (11), (15) и последних соотношений находим:

$$B_0 = x^*,\ B_1 = 0,\ B_2 = 0,\ B_3 = -1/3.$$

Тогда (15) принимает вид

$$x(u) = x^* - \frac{1}{3}u^3 + \tilde{B}_4 u^4 + .\tilde{B}_5 u^5 \ldots$$

или

$$x - x^* = -\frac{1}{3}u^3 + \tilde{B}_4 u^4 + .\tilde{B}_5 u^5 \ldots$$

На основании обращения рядов [3] следует, что

$$u(x) = A_1 (x - x^*)^{1/3} + A_2 (x - x^*)^{2/3} + A_3 (x - x^*) + \ldots,$$

где $A_1 = -\sqrt[3]{3}$.

Принимая во внимание (5), получаем

$$y(x) = C_0 (x - x^*)^{-1/3} + C_1 (x - x^*)^0 + C_2 (x - x^*)^{1/3} + C_3 (x - x^*)^{2/3} + \ldots,$$

т. е.

$$y(x) = (x - x^*)^{-1/3} \sum_{n=0}^{\infty} C_n (x - x^*)^{n/3},$$

где $C_0 = -1/\sqrt[3]{3}$.

Таким образом, x^* является подвижной особой точкой решения задачи (2)–(3). Что и требовалось доказать.

Следствие. *Функция* $u'(x)$ *при переходе через точку* $(0; x^*)$ *меняет знак. При этом* x^* *является подвижной особой точкой решения задачи* (2)–(3).

Следующая теорема, представляющая собой интервальный критерий существования подвижных особых точек, является основой для алгоритма построения таких точек с заданной точностью.

Теорема 4. *Пусть* $y(x)$ *– решение задачи* (2)–(3), x^* *будет являться подвижной особой точкой решения* $y(x)$ *тогда и только тогда, когда существует окрестность подвижной особой точки* $[x_1; x_2]$, $x^* \in [x_1; x_2]$, *на которой функция* $u(x)$ *– решение задачи Коши (4), (6) для инверсного уравнения – является непрерывной, и выполняется условие:* $u(x_1) > 0; u(x_2) < 0$.

Доказательство. Необходимость.

Так как x^* является подвижной особой точкой решения, $y(x)$ имеет соответствующую структуру (7).

Из (5) следует, что

$$u(x) = \frac{1}{y(x)}. \qquad (16)$$

Данная инверсия позволяет утверждать, что x^* переходит в класс регулярных точек.

На отрезке $[x_1; x_2]$, $y(x)$ имеет соответствующие значения: $y(x_1) > 0$ и $y(x_2) < 0$, следовательно, на этом отрезке $u(x_1) > 0$ и $u(x_2) < 0$.

Так как для $u(x)$ x^* – регулярная точка, следовательно, $u(x)$ на $[x_1; x_2]$ является непрерывной.

Достаточность. По условию теоремы $u(x) \in [x_1; x_2]$. Так как $u(x_1) > 0$ и $u(x_2) < 0$, значит, существует такая точка x_3, $x_3 \in [x_1, x_2]$, в которой $u(x_3) = 0$. Следовательно, в силу инверсии точка x_3 является подвижной особой точкой $y(x)$.

Резюме. Таким образом, были сформулированы и доказаны необходимое и достаточное условия существования подвижных особых точек решения одного нелинейного дифференциального уравнения. На основе доказанных теорем можно осуществить построение алгоритма поиска подвижных особых точек с заданной точностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Голубев, В. В.* Лекции по аналитической теории дифференциальных уравнений / В. В. Голубев. – М. ; Л. : Гостехиздат, 1950. – 436 с.

2. *Орлов, В. Н.* Аналитическое приближенное решение одного нелинейного дифференциального уравнения в комплексной области / В. Н. Орлов, М. П. Гузь // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2012. – № 2 (12). – С. 75–82.

3. *Орлов, В. Н.* Исследование влияния возмущения подвижной особой точки на приближенное решение задачи Коши одного нелинейного дифференциального уравнения // В. Н. Орлов, М. П. Гузь // Фундаментальные и прикладные проблемы механики деформируемого твердого тела, математического моделирования и информационных технологий : сб. ст. по мат-лам международ. науч.-практ. конференции, Чебоксары, 12–15 августа 2013 г. : в 2 ч. Ч. 2. Математическое моделирование и информационные технологии. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. – С. 36–46.

4. *Орлов, В. Н.* Исследование приближенного решения дифференциального уравнения Абеля в окрестности подвижной особой точки / В. Н. Орлов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Серия: Естественные науки. – 2009. – № 4 (35). – С. 23–32.

5. *Орлов, В. Н.* Метод приближенного решения первого, второго дифференциальных уравнений Пенлеве и Абеля / В. Н. Орлов. – М. : МПГУ, 2013. – 174 с.

6. *Орлов, В. Н.* Необходимые и достаточные условия существования подвижных особых точек решений одного дифференциального уравнения / В. Н. Орлов, А. З. Пчелова // Фундаментальные и прикладные проблемы механики деформируемого твердого тела, математического моделирования и информационных технологий : сб. ст. по мат-лам международ. науч.-практ. конференции, Чебоксары, 12–15 августа 2013 г. : в 2 ч. Ч. 2. Математическое моделирование и информационные технологии. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. – С. 53–59.

7. *Орлов, В. Н.* О приближенном решении в области голоморфности одного нелинейного дифференциального уравнения / В. Н. Орлов, М. П. Гузь // Труды Третьей международной научной конференции «Математическое моделирование и дифференциальные уравнения», Брест, 17– 22 сентября 2012 г. – Брест, 2012. – С. 208–212.

8. *Орлов, В. Н.* О приближенном решении первого уравнения Пенлеве / В. Н. Орлов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. – 2008. – № 2. – С. 42–46.

9. *Орлов, В. Н.* Об одной теореме существования нелинейного дифференциального уравнения / В. Н. Орлов, А. Я. Корнилов, М. П. Гузь // Понтрягинские чтения – XXIII, XXVI Воронежской весенней математической школы «Современные методы теории краевых задач», Воронеж, 3–9 мая 2012 г. – Воронеж, 2012. – С. 44–47.

10. *Орлов, В. Н.* Об одном конструктивном методе построения первой и второй мероморфных трансцендентных Пенлеве / В. Н. Орлов, В. П. Фильчакова // Симетрійні та аналітичні методи в математичній фізиці. ІМ НАН України. – 1998. – Т. 19. – С. 155–165.

11. *Орлов, В. Н.* Об одном методе приближенного решения матричных дифференциальных уравнений Риккати / В. Н. Орлов // Вестник Московского авиационного института. – 2008. – Т. 15. – № 5. – С. 128–135.

12. *Орлов, В. Н.* Об одном точном критерии существования подвижной особой точки решения скалярного и матричного дифференциальных уравнений Риккати / В. Н. Орлов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – 2011. – № 1. – С. 209–213.

13. *Орлов, В. Н.* Точные критерии существования подвижной особой точки дифференциального уравнения Абеля / В. Н. Орлов // Известия института инженерной физики. – 2009. – № 4 (14). – С. 12–14.

УДК 517.928.4

ПОСТРОЕНИЕ ПРИБЛИЖЕННОГО РЕШЕНИЯ ОДНОГО НЕЛИНЕЙНОГО ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА В ОБЛАСТИ ГОЛОМОРФНОСТИ

APPROXIMATE SOLUTION FOR A NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATION OF THE SECOND ORDER IN THE REGION OF HOLOMORPHY

В. Н. Орлов, Т. Ю. Леонтьева

V. N. Orlov, T. Y. Leontyeva

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. В работе рассматривается нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка с подвижными особыми точками. Дано доказательство теоремы существования и единственности решения этого уравнения в области голоморфности, построено приближенное решение в случае точного значения начальных условий.

Abstract. The article considers the nonlinear differential equation of the second order with movable special points. The proof of the theorem of existence and uniqueness of the solution for this equation in the region of holomorphy is given and the approximate solution in case of exact value of entry conditions is made.

Ключевые слова: *подвижная особая точка, нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка, приближенное решение, область голоморфности*.

Keywords: *movable special point, nonlinear differential equation of the second order, approximate solution, region of holomorphy*.

Актуальность исследуемой проблемы. Уравнения, содержащие неизвестные функции и их производные в степени выше первой, называются нелинейными. В последние годы они привлекают все большее внимание. Например, уравнения физических явлений обычно линейны лишь в первом приближении; дальнейшее и более точное исследование, как правило, требует использования нелинейных уравнений. Решения нелинейных уравнений связаны с большими трудностями, вызванными наличием подвижных особых точек у интегралов этих уравнений, которые и являются препятствием к использованию известных на данный момент приближенных методов решения.

Материал и методика исследований. В данной работе используется метод решения нелинейных дифференциальных уравнений, предложенный в работах [2] и [3], который в целом состоит из шести этапов. В статье [4] был рассмотрен первый шаг вышеуказанного метода, который упоминается и в работах [1], [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Рассматривается нелинейное дифференциальное уравнение второго порядка с полиномиальной правой частью пятой степени в комплексной области:

$$y''(z) = b_0(z)y^5(z) + b_1(z)y^4(z) + b_2(z)y^3(z) + b_3(z)y^2(z) + b_4(z)y(z) + b_5(z), \quad (1)$$

где $b_i, i = 0,1,...,5$ – голоморфные функции в рассматриваемой области.

С помощью замены переменной

$$y(z) = \frac{u(z)}{\sqrt[4]{b_0(z)}} - \frac{b_1(z)}{5b_0(z)} \quad (2)$$

при выполнении условий

$$\frac{b_1(z)}{5b_0(z)} = \frac{b_2(z)}{2b_1(z)} = \frac{b_3(z)}{b_2(z)} = \frac{2\left(b_4(z) + \frac{b_0''(z)}{4b_0(z)} - \frac{5}{16}\left(\frac{b_0''(z)}{b_0(z)}\right)^2\right)}{b_3(z)} \quad (3)$$

уравнение (1) приводится к нормальной форме [5]:

$$u''(z) = u^5(z) + r(z) \quad (4)$$

где

$$r(z) = -\frac{b_1^5(z)\sqrt[4]{b_0(z)}}{5^5 b_0^4(z)} - \frac{3b_0''(z)\sqrt[4]{b_0(z)}}{20b_0^2(z)} + \frac{b_1''(z)\sqrt[4]{b_0(z)}}{5b_0(z)} - \frac{2b_0'(z)b_1'(z)\sqrt[4]{b_0(z)}}{5b_0^2(z)} +$$

$$+ b_5(z)\sqrt[4]{b_0(z)} + \frac{2\left(b_0'(z)\right)^2 b_1(z)\sqrt[4]{b_0(z)}}{5b_0^3(z)} - \frac{\left(b_0''(z)\right)^2 b_1(z)\sqrt[4]{b_0(z)}}{16b_0^3(z)} + \frac{b_0'(z)}{2b_0(z)}u'(z) \quad (5)$$

в каждой области, в которой $b_0(z) \neq 0$.

Рассмотрим задачу Коши:

$$y''(z) = y^5(z) + r(z), \quad (6)$$

$$y(z_0) = y_0, y'(z_0) = y_1. \quad (7)$$

Используя идею, предложенную в работах [2], [3], докажем теорему 1.

Теорема 1. *Пусть выполняются следующие условия:*

1. $r(z) \in C^1$ *в области*

$$|z - z_0| < \rho_0, \quad (8)$$

где $\rho_0 = const;$

2. $\exists M_0 : \frac{|r^{(n)}(z_0)|}{n!} \leq M_0$, *где* $M_0 = const$, $n = 0,1,2,....$

Тогда решение задачи (6)-(7) является голоморфной функцией

$$y(z) = \sum_{n=0}^{\infty} C_n (z - z_0)^n \quad (9)$$

в области

$$|z - z_0| < \rho, \quad (10)$$

где

$$\rho = \min\left\{\rho_0, \frac{1}{2^2(M+1)^4}\right\},\ M = \max\left\{|y_0|, \sup_n \frac{|r^{(n)}(z_0)|}{n!}\right\},\ n = 0,1,2,\ldots.$$

Доказательство. По условию теоремы имеем

$$r(z) = \sum_{n=0}^{\infty} A_n (z - z_0)^n . \qquad (11)$$

Подставив выражения (9) и (11) в уравнение (6), получим

$$\left(\sum_{n=0}^{\infty} C_n (z - z_0)^n\right)' = \left(\sum_{n=0}^{\infty} C_n (z - z_0)^n\right)^5 + \sum_{n=0}^{\infty} A_n (z - z_0)^n .$$

После выполнения соответствующих операций получаем

$$\sum_{n=2}^{\infty} C_n n(n-1)(z - z_0)^{n-2} = \sum_{n=0}^{\infty} (D_n^{**} + A_n)(z - z_0)^n , \qquad (12)$$

где $D_n^{**} = \sum_{i=0}^{n} D_{n-i}^{*} C_i$, $D_n^{*} = \sum_{i=0}^{n} D_{n-i} D_i$, $D_n = \sum_{i=0}^{n} C_{n-i} C_i$, $n = 0,1,2,\ldots.$

Равенство (12) обратится в тождество при условии, что

$$n(n-1)C_n = D_{n-2}^{**} + A_{n-2},\ n = 2,3,\ldots . \qquad (13)$$

Данное соотношение позволяет однозначно определить все коэффициенты C_n .

Таким образом, получено формальное представление решения задачи (6)-(7) в некоторой окрестности точки z_0 в виде (9), единственность которого следует из однозначности определения C_n .

Покажем сходимость полученного ряда в области (10). Положим

$$M = \max\left\{|y_0|, \sup_n \frac{|r^{(n)}(z_0)|}{n!}\right\},\ n = 0,1,2,\ldots, \qquad (14)$$

что возможно в силу п. 2 данной теоремы. Тогда из выражения (13) с учетом (14) получаем оценку для коэффициентов C_n :

$$|C_n| \le \frac{1}{n(n-1)} 2^{2n} M (M+1)^{4n},\ n = 2,3,\ldots . \qquad (15)$$

С помощью метода математической индукции докажем эту оценку в случае $n+1 = 2k+1$:

$$2k(2k+1)C_{2k+1} = D_{2k-1}^{**} + A_{2k-1} = \sum_{i=0}^{2k-1} D_{2k-1-i}^{*} C_i + A_{2k-1} = \sum_{i=0}^{2k-1}\left(\sum_{j=0}^{2k-1-i} D_{2k-1-i-j} D_j\right) C_i + A_{2k-1} =$$

$$= \sum_{i=0}^{2k-1}\left(\sum_{j=0}^{2k-1-i}\left(\sum_{m=0}^{2k-1-i-j} C_{2k-1-i-j-m} C_m\right)\left(\sum_{l=0}^{j} C_{j-l} C_l\right)\right) C_i + A_{2k-1} ,$$

откуда с учетом оценки (15) следует, что

$$|C_{2k+1}| \le \frac{1}{2k(2k+1)} \sum_{i=0}^{2k-1} \left(\sum_{j=0}^{2k-1-i} \left(\sum_{m=0}^{2k-1-i-j} \frac{2^{2(2k-1-i-j-m)} M^2 (M+1)^{4(2k-1-i-j-m)}}{(2k-i-j-m-1)(2k-i-j-m-2)} \right) \times \right.$$

$$\left. \times \left(\sum_{l=0}^{j} \frac{2^{2(j-l)} M^2 (M+1)^{4(j-l)}}{(j-l)^* ((j-l)^* - 1)} \right) \right) \cdot \frac{2^{2i} M (M+1)^{4i}}{i^* (i^* - 1)} +$$

$$+ \frac{M}{2k(2k+1)} = \frac{1}{2k(2k+1)} \sum_{i=0}^{2k-1} \left(\sum_{j=0}^{2k-1-i} \left(2^{2(2k-1-i-j)} M^2 (M+1)^{4(2k-1-i-j)} \times \right. \right.$$

$$\left. \left. \times \sum_{m=0}^{2k-1-i-j} \left(\frac{1}{(2k-i-j-m-1)(2k-i-j-m-2)} \cdot \frac{1}{m^* (m^* - 1)} \right) \right) \times \right.$$

$$\left. \times \left(2^{2j} M^2 (M+1)^{4j} \sum_{l=0}^{j} \left(\frac{1}{(j-l)^* ((j-l)^* - 1)} \cdot \frac{1}{l^* (l^* - 1)} \right) \right) \right) \times$$

$$\times \frac{2^{2i} M (M+1)^{4i}}{i^* (i^* - 1)} + \frac{M}{2k(2k+1)} \le \frac{2^{2(2k-1)} M^5 (M+1)^{4(2k-1)}}{2k(2k+1)} \times$$

$$\times \sum_{i=0}^{2k-1} \left(\sum_{j=0}^{2k-1-i} \left(\left(\sum_{m=0}^{2k-1-i-j} \frac{1}{(2k-i-j-m-1)(2k-i-j-m-2)} \cdot \frac{1}{m^* (m^* - 1)} \right) \times \right. \right.$$

$$\left. \left. \times \left(\sum_{l=0}^{j} \frac{1}{(j-l)^* ((j-l)^* - 1)} \cdot \frac{1}{l^* (l^* - 1)} \right) \right) \right) \cdot \frac{1}{i^* (i^* - 1)} + \frac{1}{2k(2k+1)} M \le$$

$$\le \frac{1}{2k(2k+1)} 2^{2(2k+1)} M (M+1)^{4(2k+1)},$$

где $(2k-1-i-j-m)^* = \begin{cases} 1, (2k-1-i-j-m) = 0,1 \\ (2k-1-i-j-m), (2k-1-i-j-m) = 2,3,... \end{cases}$,

$(2k-1-i-j)^* = \begin{cases} 1, (2k-1-i-j) = 0,1 \\ (2k-1-i-j), (2k-1-i-j) = 2,3,... \end{cases}$, $m^* = \begin{cases} 1, m = 0,1 \\ m, m = 2,3,... \end{cases}$,

$(2k-1-i)^* = \begin{cases} 1, (2k-1-i) = 0,1 \\ (2k-1-i), (2k-1-i) = 2,3,... \end{cases}$, $l^* = \begin{cases} 1, l = 0,1 \\ l, l = 2,3,... \end{cases}$, $j^* = \begin{cases} 1, j = 0,1 \\ j, j = 2,3,... \end{cases}$,

$(j-l)^* = \begin{cases} 1, (j-l) = 0,1 \\ (j-l), (j-l) = 2,3,... \end{cases}$, $i^* = \begin{cases} 1, i = 0,1 \\ i, i = 2,3,... \end{cases}$.

Аналогичное соотношение имеем и в случае $n+1=2k$. Таким образом, подтверждаем оценку для коэффициентов C_n ряда (9).

Рассмотрим ряд

$$\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n(n-1)} 2^{2n} \cdot M (M+1)^{4n} |z - z_0|^n, \qquad (16)$$

который является мажорирующим для ряда (9). На основании признака Даламбера заключаем сходимость ряда (16) в области $|z-z_0|<\frac{1}{2^2(M+1)^4}$. Тогда, положив $\rho=\min\left\{\rho_0,\frac{1}{2^2(M+1)^4}\right\}$, получаем сходимость ряда (9) в области (10), что доказывает нашу теорему.

Полученные в данной теореме оценки позволяют построить приближенное решение задачи (6)-(7):

$$y_N(z)=\sum_{n=0}^{N}C_n(z-z_0)^n. \tag{17}$$

Теорема 2. *Пусть выполняются пп. 1 и 2 теоремы 1, тогда для приближенного решения (17) задачи (3)-(4) в области (10) справедлива оценка погрешности*

$$\Delta y_N(z)\le\frac{2^{2N+2}\cdot M(M+1)^{4N+4}|z-z_0|^{N+1}}{N(N+1)}\cdot\frac{1}{1-2^2\cdot(M+1)^4\cdot|z-z_0|}, \tag{18}$$

где $\rho=\min\left\{\rho_0,\frac{1}{2^2(M+1)^4}\right\}$, $M=\max\left\{|y_0|,\sup\limits_n\frac{|r^{(n)}(z_0)|}{n!}\right\}$, $n=0,1,2,\ldots$.

Доказательство. По определению

$$\Delta y_N(z)=|y(z)-y_N(z)|=\left|\sum_{n=0}^{\infty}C_n(z-z_0)^n-\sum_{n=0}^{N}C_n(z-z_0)^n\right|=$$

$$=\left|\sum_{n=N+1}^{\infty}C_n(z-z_0)^n\right|\le\sum_{n=N+1}^{\infty}|C_n|\cdot|z-z_0|^n.$$

Учитывая оценки для C_n из теоремы 1, имеем

$$\Delta y_N(z)\le\sum_{n=N+1}^{\infty}\frac{1}{n(n-1)}2^{2n}\cdot M(M+1)^{4n}|z-z_0|^n\le\frac{1}{N(N+1)}\cdot2^{2N+2}\cdot M(M+1)^{4N+4}|z-z_0|^{N+1}\times$$

$$\times\frac{1}{1-2^2\cdot(M+1)^4\cdot|z-z_0|}.$$

Пример. Найдем приближенное решение задачи (6)-(7) в случае $r(z)=0$ для начальных условий $y(0{,}5+0{,}5i)=1+i$ и $y'(0{,}5+0{,}5i)=\frac{2\sqrt{3}}{3}+\frac{2\sqrt{3}}{3}i$.

Данная задача имеет точное решение $y=\sqrt{\frac{\sqrt{3}}{1+\left(1+\frac{\sqrt{3}}{2}\right)\cdot i-2z}}$. Найдем радиус аналитичности $\rho=0{,}007359312$. Выберем значение $z=0{,}501+0{,}501i$ из области голоморфности. Применяя (17), $N=3$, вычислим приближенное значение функции. Произведенные расчеты приведены в таблице 1,

где y_3 – приближенное решение (17);

y – значение точного решения;

Δy_3 – оценка погрешности приближенного решения (18);

Δy – истинная величина погрешности приближенного решения y_3;

$\Delta_1 y$ – апостериорная оценка погрешности, которая определяется путем решения обратной задачи теории погрешности. На основании апостериорной оценки убеждаемся в том, что в структуре приближенного решения (17) значение $N = 5$. Добавки в структуре приближенного решения для $N = 4$ и $N = 5$ в общей сумме не превышают требуемой точности. Поэтому в структуре приближенного решения можем ограничиться значением $N = 3$, при котором приближенное решение будет иметь погрешность $\xi = 0{,}00001$.

Таблица 1

z	***y₃***	***y***	***Δy₃***	***Δy***	***Δ₁y***
0,501+0.501i	1,000004015+1,002305401i	0,999995985+1,002313401i	0,00019894	0,000011335	0,00001

Резюме. В статье доказана теорема существования и единственности решения рассматриваемого нелинейного дифференциального уравнения второго порядка, что позволяет построить приближенное решение для данного уравнения в области голоморфности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Орлов, В. Н.* Аналитическое приближенное решение одного нелинейного дифференциального уравнения в комплексной области / В. Н. Орлов, М. П. Гузь // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2012. – № 2 (12). – С. 75–82.

2. *Орлов, В. Н.* Метод приближенного решения дифференциального уравнения Риккати / В. Н. Орлов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. – 2008. – № 4. – С. 102–108.

3. *Орлов, В. Н.* Об одном методе приближенного решения матричных дифференциальных уравнений Риккати / В. Н. Орлов // Вестник Московского авиационного института. – 2008. – Т. 15. – № 5. – С. 128–135.

4. *Орлов, В. Н.* Построение приближенного решения нелинейного дифференциального уравнения в области аналитичности / В. Н. Орлов, Т. Ю. Леонтьева // Фундаментальные и прикладные проблемы механики деформируемого твердого тела, математического моделирования и информационных технологий : сб. ст. по мат-лам международ. науч.-практ. конф., Чебоксары, 12-15 августа 2013 г. Ч. 2. Математическое моделирование и информационные технологии. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2013. – С. 47-52.

5. *Орлов, В. Н.* Приближенное решение одного нелинейного дифференциального уравнения в области голоморфности / В. Н. Орлов, А. З. Пчелова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2012. – № 4 (76). – С. 133–139.

УДК 37.013.75

О МЕТОДИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ НА СОСТАВЛЕНИЕ УРАВНЕНИЙ

ON METHODOLOGICAL PECULIARITIES OF SOLVING PROBLEMS ON GENERATION OF EQUATIONS

Н. И. Попов

N. I. Popov

ФГБОУ ВПО «Марийский государственный университет», г. Йошкар-Ола

Аннотация. Задачи на составление уравнений представляют собой традиционный раздел элементарной математики, их решение способствует развитию логического мышления и умения самостоятельно осуществлять небольшие исследования, формированию навыков моделирования реальных объектов и явлений, повышает вычислительную математическую культуру. Выработка умений и навыков по решению текстовых алгебраических задач непосредственно приводит к практическому применению теоретических знаний. В статье отражены авторский подход к использованию специальных средств обучения и методические особенности решения отдельных типов задач на составление уравнений.

Abstract. The problems on generation of equations represent the traditional section of elementary mathematics, the solution of which promotes logical thinking and the ability to independently carry out small studies, formation of skills of modeling real objects and phenomena, enhances the computational mathematical culture. The development of skills on solving text algebraic problems directly leads to the practical application of theoretical knowledge. The article reflects the author's approach to using specific means of education and methodical features of solving some tasks on generation of equations.

Ключевые слова: *обучение математике, задачи на составление уравнений.*

Keywords: *teaching mathematics, problem on generation of equations.*

Актуальность исследуемой проблемы. Наступивший XXI век ознаменован радикальным переосмыслением самых разных социальных, общественных, культурных и других аспектов нашего бытия. В частности, мы стали свидетелями зарождения новой парадигмы образования, формирования новых педагогических концепций и появления новых информационно-коммуникационных технологий обучения. Поэтому естественным образом возникает вопрос: какими должны быть послезавтра программа курса математики общеобразовательной школы и методика его преподавания, чтобы в полной мере соответствовать вызовам времени и общества? [5, 11]. Изменения в содержании программы курса математики средней школы требуют радикального пересмотра системы подготовки учителей. Кроме того, должна вестись работа над учебниками, задачниками и учебными пособиями.

Проблеме анализа ведущих концепций образования, теории, методов и моделей обучения и воспитания в научно-методической литературе посвящено немало работ [1],

[2], [4], [6], [7] и др. При профессиональной подготовке математиков в условиях фундаментализации университетского образования необходим комплексный подход с применением психолого-педагогических теорий и дидактических принципов обучения, информационных технологий и методик преподавания математических дисциплин. Обучение студентов решению математических задач, а также исследование математических моделей профессиональных задач должны осуществляться поэтапно, чтобы задания были понятны обучаемым, а их выполнение было осмысленным [4, 89].

Несомненно, актуальность исследуемой проблемы связана с тем, что текстовые алгебраические задачи изучаются не только в общеобразовательной школе, но и на разных математических направлениях подготовки в рамках первой ступени образования в вузе.

Материал и методика исследований. В учебном пособии «Задачи на составление уравнений» [3] предложен вариант обучающей технологии на основе материала по текстовым алгебраическим задачам. Разработана методическая схема (необходимая теория, типовые методики, задачи для самостоятельного решения с ответами), которая позволила эффективно структурировать рассматриваемый материал по параграфам. При этом выделены характерные особенности и специфика методов решения с подробным разбором каждого типа задач.

Во второй части книги [3] предпринята попытка выработки единого подхода к нестандартным задачам и к заданиям, допускающим пересечение обоих циклов задач, т. е. стандартных и нестандартных:

– задачи, в которых больше неизвестных, чем уравнений, получаемых при решении;
– задачи, которые решаются при помощи неравенств;
– задачи с целочисленными решениями;
– задачи на «сплавы», «смеси» и «концентрации»;
– задачи на нахождение наибольшего и наименьшего значений некоторых величин;
– задачи с альтернативным условием.

Такой подход позволяет говорить не об отдельных, исключительных способах, а о методике решения упомянутых задач. Это дает возможность, с одной стороны, по-новому взглянуть на текстовые алгебраические задачи, а с другой – высветить особенности методики их решения, что проиллюстрируем в дальнейшем.

Результаты исследований и их обсуждение. Для проведения практических занятий со школьниками и студентами в качестве средств обучения решению текстовых алгебраических задач помимо учебного пособия автором разработаны специальные конспект-схемы, карточки-инструкции, блок-схемы. Они играют значимую роль в оказании методической помощи учащимся и достаточно эффективны при применении объяснительно-иллюстративного, частично-поискового и репродуктивного методов обучения. Приведем пример краткой инструкции, полезной при решении задач на «сложные проценты», и проиллюстрируем ее использование при выполнении задания.

Карточка-инструкция

S_0 – исходное значение некоторой величины S, S_n – значение величины S после n-го этапа, p – процентное изменение S в конце этапа.

1. $S_n = S_0\left(1+\frac{p}{100}\right)^n$ *(* $p>0$ *– возрастание,* $p<0$ *– убывание, в конце каждого этапа величина* S *изменяется на одно и то же постоянное число процентов).*

2. $S_n = S_0 \cdot \left(1+\frac{p_1}{100}\right)\left(1+\frac{p_2}{100}\right)...\left(1+\frac{p_n}{100}\right)$ *(* $p_k\left(k=1,2,3,...\right)$ *– процентное изменение* S *на* k*-м этапе; изменение величины* S *на каждом этапе осуществляется на разное число процентов).*

3. $S_0\left(1+\frac{p_1}{100}\right)\left(1+\frac{p_2}{100}\right)...\left(1+\frac{p_n}{100}\right) = S_0\left(1+\frac{m}{100}\right)^n$ *или*

$\frac{m}{100} = \sqrt[n]{\left(1+\frac{p_1}{100}\right)\left(1+\frac{p_2}{100}\right)...\left(1+\frac{p_n}{100}\right)} - 1$*, где* m *– средний процент прироста,* n *– число этапов.*

ЗАДАЧА 1. В начале года $\frac{1}{6}$ часть суммы денег вложили в Марпромбанк, а оставшуюся часть – в банк «Аяр». К концу первого года сумма вкладов стала равной 115 тыс. рублей, а к концу второго года – 445 тыс. рублей. Если бы сначала $\frac{1}{6}$ часть суммы вложили в «Аяр», а остальные деньги – в Марпромбанк, то по истечении одного года получили бы 95 тыс. рублей. Определить величину вклада через два года, если бы исходная сумма денег была целиком вложена в банк «Аяр».

РЕШЕНИЕ. Обозначим через S исходную сумму денег, а через p_1 и p_2 соответственно – годовые проценты банка «Аяр» и Марпромбанка. Исходя из условий задачи и опираясь на карточку-инструкцию, получаем систему уравнений

$$\begin{cases} \frac{5}{6}S\left(1+\frac{p_1}{100}\right)+\frac{1}{6}S\left(1+\frac{p_2}{100}\right)=115000, \\ \frac{5}{6}S\left(1+\frac{p_1}{100}\right)^2+\frac{1}{6}S\left(1+\frac{p_2}{100}\right)^2=445000, \\ \frac{1}{6}S\left(1+\frac{p_1}{100}\right)+\frac{5}{6}S\left(1+\frac{p_2}{100}\right)=95000. \end{cases}$$

Решение системы позволяет определить искомую величину вклада

$S\cdot\left(1+\frac{p_1}{100}\right)^2 = 480000.$

В некоторых случаях приходится решать алгебраические задачи, в которых больше неизвестных, чем уравнений, получаемых при решении. Если выбирать неизвестные для составления уравнений, руководствуясь тем, чтобы получить наиболее удобное и простое математическое оформление условий задачи, то та величина, которую необходимо найти,

может и не войти в их число. Как правило, эта величина представляется некоторой комбинацией введенных неизвестных. Поэтому может случиться так, что однозначное определение всех неизвестных из системы уравнений невозможно, однако искомая комбинация этих неизвестных, тем не менее, находится однозначно.

Рассмотрим задание, иллюстрирующее отмеченную особенность указанного класса задач на составление уравнений.

ЗАДАЧА 2. В экзаменационной комиссии 5 преподавателей. 1, 2 и 4-й преподаватели вместе могут проверить все письменные работы за 20 часов; 2, 3 и 5-й – за 15 часов. Если в проверке участвуют все, кроме 2-го, то на проверку работ потребуется всего 10 часов. Во сколько раз быстрее будет выполнена проверка работ всей комиссией по сравнению с проверкой работ только 2-м преподавателем?

РЕШЕНИЕ. Обозначим через x_1, x_2, x_3, x_4 и x_5 соответственно производительность труда каждого из пяти преподавателей, а через V – общее количество проверяемых работ. Из условий задачи получаем систему уравнений

$$\begin{cases} x_1 + x_2 + x_4 = \dfrac{V}{20}, \\ x_2 + x_3 + x_5 = \dfrac{V}{15}, \\ x_1 + x_3 + x_4 + x_5 = \dfrac{V}{10}. \end{cases}$$

То, что требуется найти в задании, можно записать в виде отношения

$$\frac{V}{x_2} : \frac{V}{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{x_2}.$$

Сложив соответствующие части уравнений системы, имеем

$$2(x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) = \frac{13V}{60} \quad \Rightarrow \quad x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = \frac{13V}{120}.$$

Теперь, вычитая из последнего уравнения почленно третье уравнение системы, получаем $x_2 = \dfrac{V}{120}$. Тогда искомое отношение

$$\frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{x_2} = \frac{13V}{120} : \frac{V}{120} = 13.$$

В случае, когда количество неизвестных в системе больше числа уравнений, система, конечно, может иметь бесконечное множество решений.

Некоторые задачи приводят к одному уравнению с двумя и более неизвестными.

ЗАДАЧА 3. Трое рабочих копали канаву. Сначала первый рабочий проработал половину времени, необходимого двум другим рабочим для того, чтобы вырыть всю канаву; затем второй рабочий проработал половину времени, необходимого двум другим, чтобы вырыть всю канаву и, наконец, третий рабочий проработал половину времени, необходимого двум другим, чтобы вырыть всю канаву. В результате канава была вырыта. Во сколько раз быстрее была бы вырыта канава, если бы с самого начала работали все трое рабочих одновременно?

РЕШЕНИЕ. Обозначим через x_1, x_2 и x_3 соответственно производительность труда первого, второго и третьего рабочих, а весь объем работы примем за 1. Тогда из условий задачи получаем уравнение

$$x_1 \cdot \frac{1}{2(x_2 + x_3)} + x_2 \cdot \frac{1}{2(x_1 + x_3)} + x_3 \cdot \frac{1}{2(x_1 + x_2)} = 1. \qquad (1)$$

Исходя из постановки задачи, требуется найти значение отношения

$$\frac{\dfrac{1}{2(x_2 + x_3)} + \dfrac{1}{2(x_1 + x_3)} + \dfrac{1}{2(x_1 + x_2)}}{\dfrac{1}{x_1 + x_2 + x_3}}.$$

Представим каждое слагаемое, входящее в левую часть уравнения (1), в виде разности

$$\frac{x_1 + x_2 + x_3}{2(x_2 + x_3)} - \frac{x_2 + x_3}{2(x_2 + x_3)} + \frac{x_1 + x_2 + x_3}{2(x_1 + x_3)} - \frac{x_1 + x_3}{2(x_1 + x_3)} + \frac{x_1 + x_2 + x_3}{2(x_1 + x_2)} - \frac{x_1 + x_2}{2(x_1 + x_2)} = 1,$$

отсюда имеем

$$\frac{x_1 + x_2 + x_3}{1} \cdot \left(\frac{1}{2(x_2 + x_3)} + \frac{1}{2(x_1 + x_3)} + \frac{1}{2(x_1 + x_2)} \right) - \frac{3}{2} = 1.$$

Тогда значение искомого отношения

$$\frac{\dfrac{1}{2(x_2 + x_3)} + \dfrac{1}{2(x_1 + x_3)} + \dfrac{1}{2(x_1 + x_2)}}{\dfrac{1}{x_1 + x_2 + x_3}} = \frac{5}{2}.$$

При решении задач на «работу» в случае, когда в ее выполнении участвуют два производителя и объем работы неизвестен, удобно воспользоваться следующей схемой для реализации двух возможных подходов в выполнении заданий.

Конспект-схема

1 – вся работа

x, y – производительность труда *x + y – совместная производительность труда* *1/x, 1/y – время выполнения работы (первого и второго)* *1/(x + y) – время совместной работы*	*x, y – время выполнения работы (первого и второго)* *1/x, 1/y – производительность труда* *1/x +1/y – совместная производительность труда* *1/(1/x +1/y) – время совместной работы*

Обратимся теперь к задачам, которые можно объединить в одну группу из-за того, что их решение связано с выявлением общей закономерности изменения той или иной величины в результате многократно повторяющейся операции.

Пусть, например, резервуар, объем которого V_0 л, содержит p-процентный раствор соли. Из резервуара выливается a л смеси и доливается a л воды, после чего раствор перемешивается. Эта процедура повторяется n раз. Найдем значение концентрации соли в резервуаре после n процедур.

Первоначальное количество соли в растворе равно $\frac{p}{100}\cdot V_0$. После выливания a л смеси в растворе останется $\frac{p}{100}\cdot V_0 - \frac{p}{100}\cdot a = \frac{p}{100}V_0\left(1-\frac{a}{V_0}\right)$ соли, а ее концентрация после добавления a л воды станет равной

$$C_1 = \frac{\frac{p}{100}\cdot V_0\left(1-\frac{a}{V_0}\right)}{V_0} = \frac{p}{100}\left(1-\frac{a}{V_0}\right).$$

После выливания a л смеси (но уже с концентрацией C_1), в растворе останется

$$\frac{p}{100}\cdot V_0\left(1-\frac{a}{V_0}\right) - C_1\cdot a = \frac{p}{100}V_0\left(1-\frac{a}{V_0}\right)^2$$

соли, а ее концентрация после добавления a л воды станет равной

$$C_2 = \frac{\frac{p}{100}\cdot V_0\left(1-\frac{a}{V_0}\right)^2}{V_0} = \frac{p}{100}\left(1-\frac{a}{V_0}\right)^2.$$

Рассуждая аналогичным образом, получаем, что концентрация соли в растворе после n переливаний определяется равенством

$$C_n = \frac{p}{100}\left(1-\frac{a}{V_0}\right)^n, \qquad (2)$$

представляющим собой формулу для убывающей геометрической прогрессии. Множитель $\left(1-\frac{a}{V_0}\right)$, являющийся знаменателем этой прогрессии, показывает, во сколько раз убывает концентрация после очередного переливания. Формула (2) тесно связана с известным правилом начисления «сложных процентов» [4, 11–13]. Приведем также обобщение формулы (2) на случай, когда каждый раз в резервуар доливается не вода, а раствор той же соли с постоянной концентрацией $\frac{q}{100}$. Эта формула имеет вид

$$C_n = \frac{p}{100} + \frac{p-q}{100}\left[\left(1-\frac{a}{V_0}\right)^n - 1\right]. \qquad (3)$$

Нетрудно заметить, что при $q = 0$ равенство (3) переходит в (2).

ЗАДАЧА 4. В каждом из двух резервуаров находится по V_0 л серной кислоты одинаковой концентрации. Из первого резервуара отлили 3 л раствора и долили 3 л воды. Потом эту процедуру повторили еще раз. Из второго резервуара отлили 6 л раствора и долили 6 л воды. Потом эту процедуру повторили еще раз. Известно, что концентрация кислоты в первом резервуаре оказалась в $9/4$ раза больше, чем концентрация кислоты во втором резервуаре. Какую часть от объема резервуара составляют 3 л?

РЕШЕНИЕ. Исходя из условий задачи, с использованием формулы (2) имеем

$$\frac{p}{100}\left(1-\frac{3}{V_0}\right)^2=\frac{9}{4}\cdot\frac{p}{100}\left(1-\frac{6}{V_0}\right)^2 \text{ или } \left(1-\frac{3}{V_0}\right)^2=\frac{9}{4}\left(1-2\cdot\frac{3}{V_0}\right)^2.$$

Последнее равенство запишется в виде

$$\left|1-\frac{3}{V_0}\right|=\frac{3}{2}\left|1-2\cdot\frac{3}{V_0}\right|.$$

Отсюда найдем отношение $\frac{3}{V_0}$. Поскольку $\frac{3}{V_0}<1$ и $2\cdot\frac{3}{V_0}<1$, то $1-\frac{3}{V_0}=\frac{3}{2}\left(1-2\cdot\frac{3}{V_0}\right)$ и, следовательно, искомое значение $\frac{3}{V_0}=\frac{1}{4}$.

С точки зрения методики обучения при решении задач на «сплавы», «смеси» и «концентрации» достаточно удобными и эффективными оказываются блок-схемы.

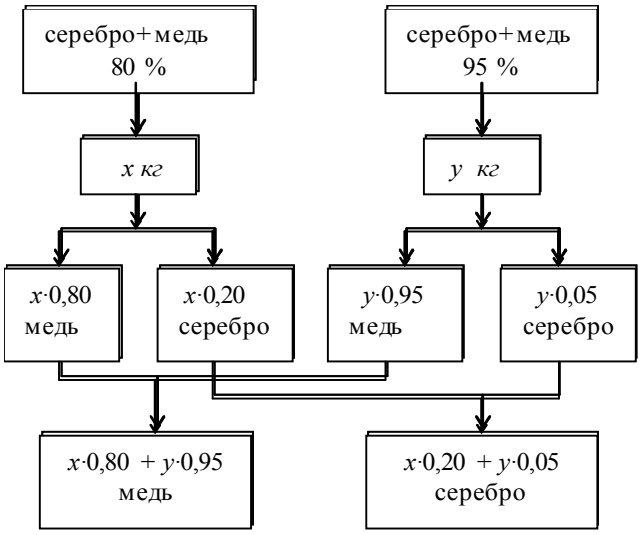


Рис. 1. Блок-схема решения задачи на «сплавы»

ЗАДАЧА 5. Имеются два куска сплава серебра с медью, один из них содержит 80 % меди, другой – 95 %. В каком отношении нужно взять сплавы от обоих кусков, чтобы получить новый сплав, содержащий 90 % меди?

РЕШЕНИЕ. Пусть масса первого сплава равна x *кг*, а второго – y *кг*. Концентрация меди в первом сплаве 0,80; во втором сплаве – 0,95. По условию задачи эта концентрация должна равняться 0,90. Опираясь на схему из рисунка 1, получаем уравнение $\frac{x\cdot 0{,}80+y\cdot 0{,}95}{x+y}=0{,}90$; откуда $\frac{x}{y}=\frac{1}{2}$. Концентрация получающегося сплава определяется не массой взятых кусков, а отношением этих масс. Поэтому нужно взять 1 часть сплава, содержащего 80 % меди, и 2 части сплава, содержащего 95 % меди.

Резюме. Раздел элементарной математики «Задачи на составление уравнений» по праву относят к числу непростых как для преподавания, так и для изучения. Поэтому с этой точки зрения очень важная роль отводится методике и средствам обучения. Решение задач указанного раздела способствует развитию логического мышления, сообразительности и наблюдательности, умения самостоятельно осуществлять небольшие исследования. Кроме того, условия текстовых задач возникают не абстрактно, а, как правило, тесно связаны с реальными жизненными ситуациями. Следовательно, выработка умений и навыков по решению задач на составление уравнений непосредственно приводит к практическому использованию теоретических знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Загвязинский, В. И.* Теория обучения и воспитания : учебник для бакалавров / В. И. Загвязинский, И. Н. Емельянова. – М. : Юрайт, 2012. – 314 с.

2. *Марасанов, А. Н.* О методике обучения школьников решению иррациональных уравнений / А. Н. Марасанов // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2010. – Т. 2. – № 3 (67). – С. 127–134.

3. *Попов, Н. И.* Задачи на составление уравнений : учебное пособие / Н. И. Попов, А. Н. Марасанов. – Йошкар-Ола : Мар. гос. ун-т, 2003. – 109 с.

4. *Попов, Н. И.* Теоретико-методологические основы обучения решению текстовых алгебраических задач / Н. И. Попов // Образование и наука. Известия Уральского отделения Российской академии образования. – 2009. – № 3 (60). – С. 88–96.

5. *Розов, Н. Х.* Курс математики общеобразовательной школы: сегодня и послезавтра / Н. Х. Розов // Математика. Образование : материалы XV Международной конференции. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2007. – С. 11–17.

6. *Усова, А. В.* Теоретико-методологические основы построения новой системы естественно-научного образования / А. В. Усова, М. Д. Даммер, С. М. Похлебаев, М. Ж. Симонова. – Челябинск : Изд-во ЧГПУ, 2000. – 100 с.

7. *Яников, А. В.* Роль моделей в обучении математике / А. В. Яников // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2007. – № 4 (56). – С. 11–14.

УДК 637.52.37

ТЕРМООБРАБОТКА И ПОСОЛ КУСКОВОГО МЯСНОГО СЫРЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

HEAT TREATMENT AND SALTING OF MEAT PIECES BY MEANS OF ENERGY OF ELECTROMAGNETIC RADIATION

Д. В. Поручиков, О. В. Михайлова

D. V. Poruchikov, O. V. Mikhaylova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье приведено описание разработанной установки для посола, массирования и термообработки мясного сырья с использованием энергии электромагнитных излучений сверхвысокочастотного и инфракрасного диапазонов.

Abstract. The article describes the developed unit for salting, malaxating and heat treatment of raw meat by means of energy of electromagnetic radiation and infrared.

Ключевые слова: *электромагнитное поле сверхвысокой частоты, лампы гриль, трубчатая резонаторная камера, массирование мясного сырья, охлаждение, посолочный рассол, фильтрационно-диффузионный процесс.*

Keywords: *electromagnetic field of ultrahigh frequency, grill lamp, tubular resonating chamber, malaxating of meat, cooling, brine for salting, filtrational and diffusive process.*

Актуальность исследуемой проблемы. Производство колбасных изделий в 2012 г. в России составило 23,4 млн т, в том числе 10 % – это копченые изделия. Тенденции развития техники для производства мясных изделий показывают, что современным требованиям в наибольшей степени отвечают технологии и технические средства, обеспечивающие высокое качество продукции при минимальных энергетических затратах.

Целью нашего исследования явилась разработка и обоснование параметров установки для массирования и термообработки мясного сырья при производстве копченых изделий, обеспечивающей ускорение процесса посола и варки кускового сырья при сниженных энергетических затратах.

Материал и методика исследований. *Теоретическое решение* вопросов, касающихся процесса массирования сырья и термообработки, выполнено с использованием основных положений теории диэлектрического нагрева, теоретической механики, теории машин и механизмов и основ процесса массообмена, теории дифференциального и интегрального исчисления [4]. При выполнении *экспериментальных исследований* применен метод математического планирования многофакторного эксперимента. Аппроксимация и обработка экспериментальных данных выполнена с использованием компьютерной программы «Excel». Общую методологическую основу исследований составляют положения системного анализа и математической статистики с использованием программы «Statistic».

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что переменное механическое воздействие вызывает наряду с диффузионным обменом интенсивное перемещение рассола, направленное к равномерному распределению продукта. Существующие в настоящее время устройства для фильтрационного распределения посолочных веществ в мелкокусковом сырье недостаточно эффективны. Исследования показали, что посол целесообразно осуществлять в условиях активных электрофизических воздействий в процессе тепловой обработки [3]. Полученные нами новые знания позволили разработать способ и установку для одновременного проведения процессов массирования и термообработки кускового мясного сырья. Нами предлагается совмещать два энергоемких процесса, используемых при производстве копченых изделий: массирование и термообработку сырья.

Объектом исследования является установка для массирования и термообработки мясного сырья, технология варки кускового мясного сырья экзо-эндогенным нагревом в процессе посола и массирования.

Предметом исследования является выявление закономерностей фильтрационно-диффузионных процессов, происходящих при одновременном воздействии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ), ИК-лучей и при механическом массировании во вращающейся трубчатой резонаторной камере СВЧ-генератора.

Составлена операционно-технологическая схема процесса массирования и термообработки мелкокускового мясного сырья (рис. 1).

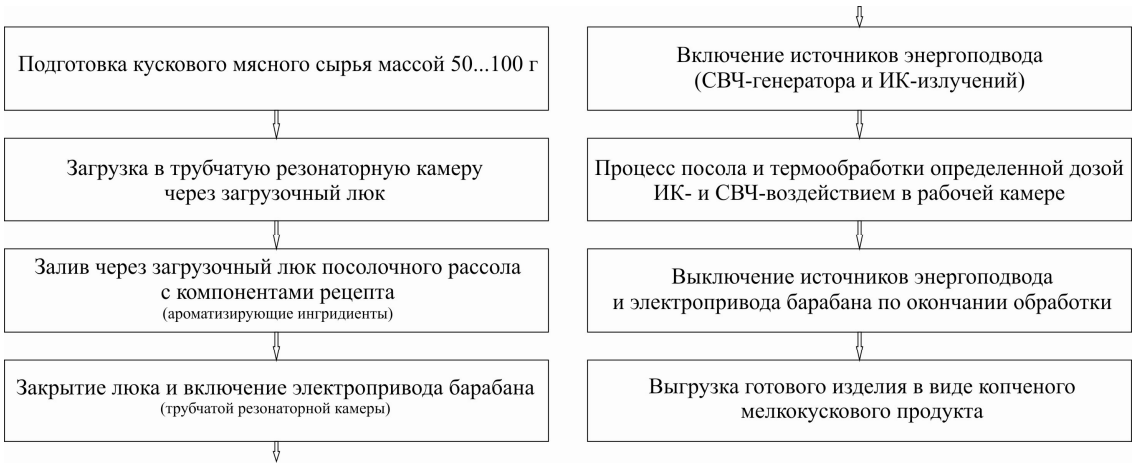


Рис. 1. ***Операционно-технологическая схема процесса массирования и термической обработки мелкокускового мясного сырья***

На рис. 2 приведено пространственное изображение установки для посола и термообработки мясного сырья. Установка содержит в цилиндрическом экранирующем корпусе 1 трубчатую резонаторную камеру 3, с торца которой направлен излучатель от генераторного блока 5 с магнетроном. Полый вал 7 проложен через центральную ось трубчатой резонаторной камеры 3. При этом вал жестко соединен с торцевым полым диском 15 и кольцевой трубой 6 резонаторной камеры 3. Вал 7 установлен в подшипниковый узел 8. Трубчатая резонаторная камера 3 вращается от мотор-редуктора. На дне цилиндрического экранирующего корпуса 1 имеется сливной патрубок 14. С внутренней стороны резо-

наторная камера содержит лопасти 4. Один конец трубчатой резонаторной камеры полностью закрыт полым диском 15, а другой конец закольцован трубой 6. Под цилиндрическим экранирующим корпусом 1 установлены ИК-лампы 2. Через щели 13 между трубами резонаторной камеры 3 посолочный рассол просачивается на дно экранирующего корпуса 1 и заливает часть мясного сырья, находящегося в камере 3.

Она работает следующим образом. Мясное сырье и посолочный рассол загружается через загрузочный люк 12. Затем подают теплоноситель в трубы резонаторной камеры 3 через муфту 11. Теплоноситель (горячая вода) из трубопровода, через муфту 11 поступает в правую камеру, так как в полом валу 7 имеется заглушка. Затем, обойдя трубчатую резонаторную камеру 3, поступает в левую камеру и через трубу возвращается в трубопровод сети. Стопорная гайка 10 и прокладка 9 до подшипникового узла 8 ограничивают вытекание теплоносителя [1].

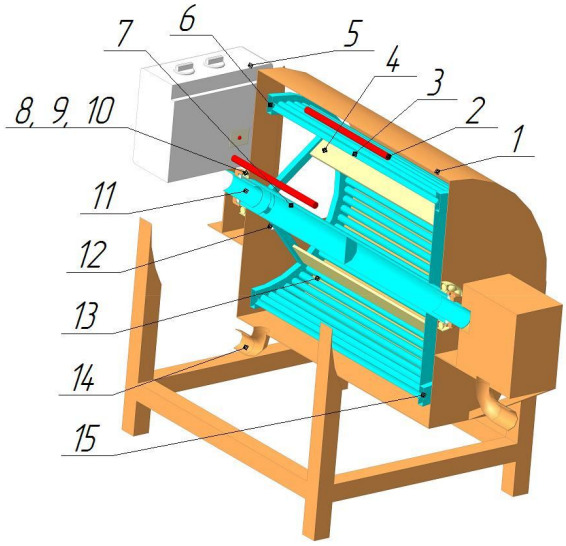


Рис. 2. ***СВЧ-установка для массирования и термообработки мясного сырья: 1 – цилиндрический экранирующий корпус; 2 – ИК-лампы; 3 – трубчатая резонаторная камера; 4 – лопасти; 5 – генераторный блок с магнетроном и излучателем; 6 – кольцевая труба; 7 – полый вал; 8 – подшипниковый узел; 9 – диэлектрическая прокладка; 10 – стопорная гайка; 11 – муфта; 12 – люк; 13 – щель между трубами; 14 – сливной патрубок, 15 – полый диск***

Одновременно включают мотор-редуктор, который вращает вал 7 с резонаторной камерой 3 со скоростью, меньше критической. Начинается процесс массирования кускового мясного сырья, при этом за счет лопастей 4 куски мяса поднимаются до определенной высоты и падают, т. е. идет фильтрационно-диффузионный процесс. Посолочный рассол впитывается в ткани мясного сырья. Одновременно включают генераторный блок 5. За счет тепла от труб и воздействия ЭМП СВЧ эффект массопереноса при массировании мясного сырья дополнительно усиливается. Посолочные вещества в основном перераспределяются за счет воздействия ЭМП СВЧ. После окончания массирования мясного

сырья, остатки рассола сливают через сливной патрубок 14. СВЧ-генератор 5 включают на полную мощность, включают ИК-лампы 2, и по трубам резонаторной камеры 3 циркулирует пароводяная смесь. В таком режиме производят варку и копчение изделия. Далее выключают СВЧ-генератор 5, меняют теплоноситель в трубах на хладоноситель (водопроводная вода или охлаждающий рассол). При этом происходит охлаждение готовой продукции, после чего останавливают вращение резонаторной камеры, выключая моторредуктор. Открывают люк 12 и выгружают готовое копченое изделие.

Резюме. При одновременном механическом массировании и экзо-эндогенном нагреве кускового мясного сырья происходит равномерное распределение рассола в нем в щадящем режиме на низких оборотах рабочей камеры. При этом функцию барабана выполняет трубчатая резонаторная камера СВЧ-генератора. Это позволяет сохранить волокнистую структуру, равномерный стабильный цвет, сочность, типичный вкус копченого кускового продукта. За счет ускоренного преобразования нитрата (созревание) происходит интенсивное покраснение (мясо приобретает более стойкий цвет и сохраняет натуральный аромат), снижаются потери жидкости при термической обработке. Обработке можно подвергать все виды мяса птицы, КРС и баранины. Наиболее существенными факторами, влияющими на эффективность процесса посола, массирования и термообработки мелкокускового мясного сырья, являются продолжительность термической и механической обработки, количество добавляемого рассола и степень заполнения рабочей камеры. Исследования показывают, что существенное влияние на качественные показатели готовых мясопродуктов оказывают как сырьевые (32,9 %), так и технологические факторы (67,1 %). К наиболее весомым из технологических факторов относятся параметры термической обработки (17,0 % от общего выделенного числа факторов). Критерием оценки при оптимизации конструктивно-технологических параметров и режимов работы установки служат энергетические затраты и качество готового изделия (варено-копченых мясных кусков) [2], [5]. Лабораторный образец имеет производительность 7…12 кг/ч, потребляемую мощность 3 кВт.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белова, М. В.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Г. В. Новикова, Д. В. Поручиков // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.

2. *Васильева, И. Т.* Инновационная энергосберегающая установка / И. Т. Васильева // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2011. – № 4 (72). Ч. 1. – С. 7–12.

3. *Курочкин, А. А.* Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства / А. А. Курочкин, В. В. Ляшенко. – М. : Колос, 2001. – 552 с.

4. *Уездный, Н. Т.* Технология выпечки хлебобулочных изделий диэлектрическим нагревом / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 163–166.

5. *Уездный, Н. Т.* Экономическая эффективность применения СВЧ-установки для выпечки хлебобулочных изделий / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова, О. В. Науменко, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 167–170.

УДК 598.288.8:591.551

ОСОБЕННОСТИ ПОЛОВОЗРАСТНОЙ СТРУКТУРЫ СТАЙ ДЛИННОХВОСТЫХ СИНИЦ (*AEGITHALOS CAUDATUS*) НА ТЕРРИТОРИИ ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКИ В ПОСЛЕГНЕЗДОВОЙ ПЕРИОД

CHARACTERISTICS OF AGE AND SEX STRUCTURE OF LONG-TAILED TITS (*AEGITHALOS CAUDATUS)* FLOCKS IN POST BREEDING PERIOD IN THE CHUVASH REPUBLIC

М. В. Рахчеева

M. V. Rakhcheeva

Государственный биологический музей им. К. А. Тимирязева, г. Москва

Аннотация. В статье приводится анализ половозрастной структуры стай длиннохвостых синиц во время послегнездовых перемещений. Результаты для исследования были получены как путем кольцевания птиц стандартными паутинными сетями, так и в ходе визуальных наблюдений за стаями. Предполагается, что для стай длиннохвостых синиц в Чувашской Республике свойственно наличие помощников, которые участвуют в выкармливании птенцов во время послегнездовых перемещений. Дан подробный анализ характера и особенностей подобных явлений.

Abstract. The article analyzes the age and sex structure of long-tailed tits flocks at post breeding migrations. The results of the research were obtained both by ringing birds with standard mist nets and by watching the flocks. It is suggested that the flocks of long-tailed tits in the Chuvash Republic include helpers who participate in feeding the nestlings during post breeding migrations. The detailed analysis of types and features of such behaviour is given in this article.

Ключевые слова: *помощничество, послегнездовой период, летние перемещения, половозрастной состав стай.*

Keywords: *helping behaviour, post breeding period, summer migrations, age and sex structure of flocks.*

Актуальность исследуемой проблемы. Длиннохвостая синица, или ополовник (*Aegithalos caudatus* Linnaeus, 1758*)* – широко распространенный на территории Чувашской Республики вид. Здесь он заселяет лиственные и смешанные насаждения, лесные и кустарниковые поймы, часто встречается в районах разреженных влажных лесов, имеющих густой подлесок [7]. На территории Поволжья встречается номинативный подвид *A. c. caudatus* [2]. Практически весь год, за исключением гнездового периода, ополовники ведут стайный образ жизни.

Особенностью ополовников, в отличие, например, от синиц рода *Parus*, является тот факт, что стаю образуют родители и их птенцы, причем этот состав практически не меняется до начала зимних кочевок [3], [11].

Исследования особенностей половозрастной структуры стай ополовников показали, что во время гнездового периода, а также в первые дни после вылета птенцов из гнез-

да вместе с родительской парой могут находиться другие взрослые ополовники, которые участвуют в выкармливании птенцов. Это явление получило название «помощничества». Предполагают, что помощничество повышает вероятность в успехе размножения тех пар, которым оказывается помощь [11]. Подобное явление было подробно описано у популяций ополовников подвида *A. c. rosaceus,* обитающих на Британских островах [9], [11], [12], [13], и для подвида *A. c. Trivirgatus*, замеченных в Японии [14]. У подвида *A. c. caudatus*, обитающего на территории европейской части России, это явление изучено в меньшей степени. Помощники отмечались лишь на территориях Ленинградской области [1] и Дальнего Востока [5].

Целью нашей работы является определение половозрастной структуры стай ополовников в послегнездовой период и выявление возможных случаев помощничества среди популяций ополовников, обитающих в Чувашской Республике. Отметим, что ранее подобных исследований на территории Поволжья не проводилось.

Материал и методы исследований. Работы велись с 1999 по 2010 год на стационаре, расположенном на территории природного парка «Заволжье» Чувашской Республики, в окрестностях озера Малое Лебединое. В районе стационара преобладали сосновые насаждения 30–60-летнего возраста, которые в местах зарастания вырубок сменялись березовыми рощами и участками смешанного леса. Озеро Малое Лебединое имеет площадь примерно 6 га. Древесная растительность береговой зоны озера представлена молодыми и средневозрастными березами пушистой и бородавчатой, ольхой серой, сосной обыкновенной, осиной, кустарниковая – отдельными группами пепельной и козьей ивы. Группы кустарников и подроста перемежаются луговинами с преобладанием щучки дернистой, иван-чая, вейника. Березы и сосны в прибрежной зоне озера находятся в угнетенном состоянии. Стоит отметить, что окрестности озера являются одним из ключевых пунктов концентрации мигрирующих птиц (в основном мелких воробьинообразных), что обусловлено наличием открытых луговых участков в сочетании с кустарниковыми зарослями. Такие места являются местом концентрации мигрирующих птиц, так как отличаются от сплошных массивов достаточно однообразных средневозрастных сосняков, характерных для большей части Чувашского Заволжья.

На стационаре в 1999–2009 годах в полосе зарастания озера была установлена рабочая площадка площадью около 2 га, где в строго фиксированных местах располагались паутинные сети для отлова птиц. Отлов и кольцевание ополовников проводили с конца апреля до середины мая и со второй половины июня до конца октября – начала ноября. При мечении птиц использовали стандартные алюминиевые кольца Центра кольцевания РАН и цветные пластиковые кольца. Отловленные птицы подвергались стандартной процедуре прижизненной обработки [6]. За весь период исследований было окольцовано 2618 ополовников, пойманных в послегнездовой период, из них цветными кольцами отмечены 273 птицы.

В отдельные годы (2002, 2005, 2006, 2008 и 2010 гг.) проводились визуальные наблюдения за кочующими стаями в окрестностях биостанции. Наблюдение за стаями велось с момента их обнаружения и до момента, когда стая терялась из вида или до наступления темноты. При этом фиксировались следующие данные: размер и состав стай, время наблюдения, пройденное расстояние, особенности поведения птиц во время перемещения. Всего были отслежены 49 стай, общая продолжительность наблюдений составляет 61 час 48 минут.

Результаты исследований и их обсуждение. По результатам визуальных наблюдений размер стай ополовников, обитающих на территории Чувашской Республики, составляет в среднем 16,9±1,44 особей (максимально – 40, минимально – 6 особей, n=49). Примерно в половине случаев (54,5 %) встречались стаи, где число ополовников было от 10 до 15. Наши данные, в общем, совпадают с результатами, полученными рядом авторов, проводивших исследования в Ленинградской [2], [8] и Московской областях [4].

По результатам кольцевания самый ранний отлов стаи ополовников был зафиксирован 13 июня 2003 г. По данным же визуальных наблюдений за стаями самая ранняя встреча в послегнездовой период была отмечена еще раньше – 7 июня 2008 г. Эта стая состояла из 12 ополовников, трое из них были взрослыми особями, молодые птицы имели характерную черную полосу, идущую через глаза. Продолжительность наблюдения за стаей составила 4 часа 20 минут. Все время наблюдения стая перемещалась по молодым березам в поисках корма. Несколько раз было отмечено, что взрослые птицы подлетали к молодым птицам и подкармливали их собранным с ветвей кормом.

По результатам отловов мы провели подробный анализ половозрастной структуры стай ополовников, пойманных в сети на территории стационара. Всего было проанализировано 212 отловов стай (стаей считались птицы, одновременно пойманные в одну сеть в количестве от 4 особей и выше). Размер проанализированных нами стай варьировал от 4 до 24 особей (в среднем составил 7,99±0,27 особей). В 45 таких отловах (21,22 % от всех исследуемых случаев) в стае находились взрослые птицы. Чаще в сеть попадались стаи, в составе которых было лишь одна или две взрослые птицы (рис. 1). Самая первая поимка стаи с взрослыми птицами состоялась 13 июня, последняя – 28 сентября. Скорее всего, эти взрослые птицы являются родителями выводка, которые могут его сопровождать в течение продолжительного периода – вплоть до начала осенних миграций, проходящих на территории Волжско-Камского края в сентябре–ноябре [7].

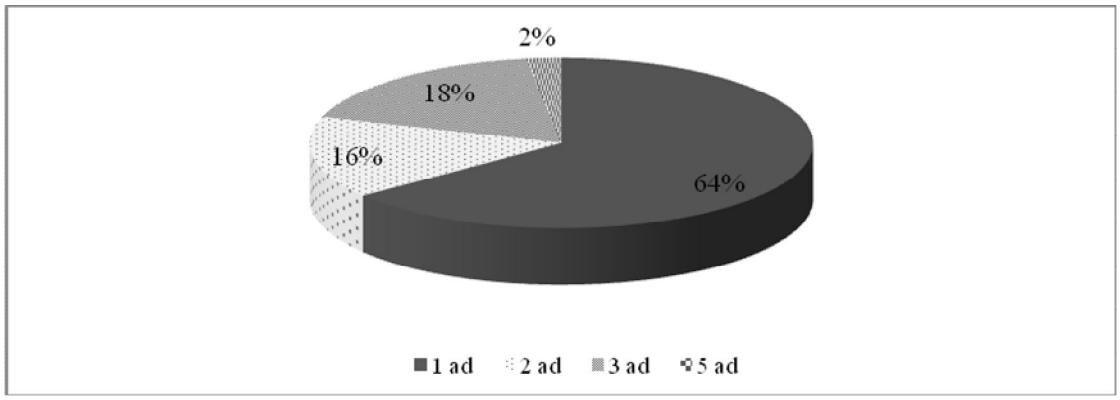


Рис. 1. ***Количество встреч взрослых птиц (ad) в составе стай (в % от суммы встреч, когда в составе стай были отмечены только взрослые птицы)***

В стаях, где среди отловленных птиц присутствовала одна взрослая птица (29 случаев), удавалось определить ее пол – это была самка (в 10 случаях), самцы отмечались лишь в 5 случаях.

Мы также провели детальный анализ пойманных в сети стай ополовников, в составе которых находились две или более взрослых птицы (16 случаев) (табл. 1).

Таблица 1

Встречи стай ополовников с двумя и более взрослыми птицами

Дата отлова	Размер стаи	Молодые птицы	Взрослые			Всего взрослых
			самки	самцы	пол не определен	
23.08.99	8	5	-	1	1	2
03.07.00	13	11	1	1	-	2
26.06.01	5	2	1	1	-	2
28.09.01	7	1	-	-	2	2
01.08.03	16	14	-	-	2	2
08.07.07	4	2	1	-	1	2
24.06.09	7	5	2	-	-	2
16.08.99	4	1	1	-	2	3
25.06.00	15	11	2	1	-	3
28.09.00	8	1	-	-	3	3
01.07.01	5	2	1	-	2	3
13.06.03	10	7	1	-	2	3
16.08.03	11	8	-	-	3	3
24.06.07	18	15	-	1	2	3
06.07.09	7	4	2	1	-	3
28.06.09	12	7	3	2	-	5

В семи случаях в стаях находились две взрослые особи, при этом лишь в трех таких стаях достоверно был определен пол у всех взрослых птиц. Оказалось, что дважды это была, предположительно, родительская пара (самец и самка), однажды в стае находились одновременно две самки, скорее всего, одна из самок являлась помощником. В составе восьми окольцованных нами стай находились три взрослые птицы, определить достоверно их половой состав мы смогли в двух случаях. Интересно отметить, что обе стаи включали в себя двух самок (одна из которых могла быть помощником) и одного самца. Однажды пойманная нами стая состояла из семи молодых птиц и пяти взрослых особей, из них были три самки и два самца. Отметим, что во всех исследуемых случаях, когда в стае было более двух взрослых птиц, размеры самой стаи не превышали средние показатели (в среднем составлял 9,70±1,40 особей). При этом количество особей в стае с 1–2 взрослыми птицами достоверно не отличалось от размера стай, в которых были три и более взрослых птицы (U-тест Манна – Уитни, $p>0,05$). По нашим данным, последняя встреча стаи, в составе которой были более двух взрослых птиц, отмечалась 28 сентября.

Нами впервые было отмечено, что у ополовников на территории Чувашской Республики начало послегнездовых перемещений может начинаться уже в первой половине июня, тогда как ранее на территории Волжско-Камского края вылет птенцов отмечался во второй–третьей декадах июня [7]. Во время послегнездовых миграций стаи представляют собой выводок, который сопровождает одна или несколько взрослых особей. Примечательно, что в целом средние размеры стаи совпадают с размером кладки у ополовников, которые были обнаружены ранее исследователями на территории Волжско-Камского края [7].

По нашим предположениям, некоторые из присутствующих в стае взрослых птиц могут быть так называемыми «помощниками» успешно закончившей гнездовой период

родительской пары, во время гнездового периода участвуют в кормлении и заботе о птенцах. Скорее всего, в отдельных случаях у ополовников в исследуемом нами районе помощники могут сопровождать стаю даже после вылета птенцов из гнезда, при этом они продолжают подкармливать их во время перемещений по территории. Проведенные в Англии исследования также показали, что даже после вылета из гнезда помощники родительской пары остаются вместе с выводком и продолжают участвовать в докармливании слетков во время послегнездовых перемещений (после оставления гнезда молодые ополовники продолжают получать корм от взрослых птиц в течение двух недель) [9]. В работах, проведенных на Британских островах, было установлено, что чаще всего помощниками становятся те особи, которые в данном сезоне потерпели неудачу в размножении. Однако партнеры из неудачной пары никогда не «помогают» другой семье вместе [10].

Интересно, что у подвида *A. c. rosaceus* в большинстве случаев помощники имеют родственные связи именно с самцом родительской пары. Предполагают, что в течение всей зимы эти птицы находятся в составе одной стаи. Когда весной стая распадается, самцы занимают свои гнездовые участки, а самки перемещаются на другие территории в поисках самцов для образования пары. Поэтому среди окольцованных помощников, чья история известна, исследователи чаще обнаруживают самцов, хотя самки также бывают помощниками [11].

Мы предполагаем, что в ряде случаев дополнительные взрослые птицы, отмеченные нами в стаях, могут быть присоединившимися к стае ополовниками, которые вошли в ее состав уже во время летних кочевок. Количество таких дополнительных взрослых особей в стае может быть различным: чаще всего стаю сопровождает один «помощник», в редких случаях их количество может достигать трех птиц. Особенностью исследуемой популяции ополовников является то, что в большинстве случаев среди «помощников» встречаются самки, что отличает данную популяцию ополовников от птиц подвида *A. c. rosaceus*.

Как показали наши исследования, дополнительные взрослые птицы могут сопровождать стаю не только во время летних перемещений, но и оставаться с ними до начала активных осенних миграций.

Резюме. В результате проведенных исследований нами были определены некоторые особенности половозрастной структуры популяции данного вида на территории Чувашской Республики. Было выяснено, что ополовники во время послегнездового периода перемещаются в стаях численностью в среднем от 10 до 15 особей. Первые появления стай после вылета птенцов из гнезда происходят в первой декаде июня. При этом во время послегнездовых перемещений стаю в ряде случаев, помимо родительской пары, сопровождают дополнительные взрослые птицы, число которых может быть больше одного. Этими взрослыми птицами могут быть как самцы, так и самки, однако чаще всего на территории Чувашской Республики стаю сопровождают именно взрослые самки.

Нами также установлено, что сопровождающие стаю взрослые птицы могут оставаться с ней достаточно продолжительное время – до начала осенних миграций.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бардин, А. В.* Случай помощничества у ополовника *Aegithalos caudatus* в Ленинградской области / А. В. Бардин // Русский орнитологический журнал. – 2000. – Экспресс-вып. 112. – С. 20–22.

2. *Воинственский, М. А.* Длиннохвостая синица *Aegithalos caudatus L.* / М. А. Воинственский // Птицы Советского Союза. – М. : Сов. наука, 1954. – Т. 5. – С. 790–797.

3. *Воинственский, М. А.* Пищухи, поползни, синицы УССР: биология, систематика и хозяйственное значение / М. А. Воинственский. – Киев : Изд-во Киев. гос. ун-та, 1949. – 122 с.

4. *Дубровский, Ю. А.* Экологические особенности стай длиннохвостых синиц *(Aegithalos caudatus)* / Ю. А. Дубровский // Зоологический журнал. – 1958. – Т. 37. – Вып. 2. – С. 305–308.

5. *Ильинский, И. В.* Случай помощничества у ополовника в Уссурийском крае / И. В. Ильинский // Русский орнитологический журнал. – 2004. – Экспресс-вып. 255. – С. 245–246.

6. *Определение* пола и возраста воробьиных птиц фауны СССР / Н. В. Виноградова и др. – М. : Наука, 1976. – 189 с.

7. *Попов, А. В.* Семейство толстоклювые синицы / А. В. Попов, А. Г. Фаршатов // Птицы Волжско-Камского края (Воробьиные). – М. : Наука, 1978. – С. 66–68.

8. *Резвый, С. П.* Летне-осенние миграции длиннохвостой синицы на юго-восточном берегу Ладожского озера в 1968–1976 гг. / С. П. Резвый // Материалы IX Прибалт. орнит. конф. – Вильнюс, 1976. – С. 221–226.

9. *Gaston, A. J.* The ecology and behavior of the long-tailed tit. Ibis / A. J. Gaston // American Naturalist.– 1973. – Vol. 115. – P. 330–351.

10. *Glen, N. W.* Co-operative breeding by long-tailed tits / N. W. Glen, C. M. Perrins // Brit. Birds. – 1988. – Vol. 81. – P. 630–641.

11. *Handbook* of the Birds of Europe, the Middle East and North Africa. The birds of the Western Palearctic. Vol. 7. Flycatchers to Shrikes / ed. by S. Cramp, C. M. Perrins. – New York : Oxford University Press, 1993. – 577 p.

12. *Hatchwell, B. J.* Helpers increase long-term but not short-term productivity in cooperatively breeding long-tailed tits / B. J. Hatchwell, A. F. Russell, A. D. MacColl, D. J. Ross, M. K. Fowlie, A. McGowan // Behav. Ecol. – 2004. – Vol. 15. – P. 1–10.

13. *Lack, D.* The nesting of the Long-tailed tit / D. Lack, E. Lack // Bird study. – 1958. – Vol. 5. – N. l. – P. 1–19.

14. *Nakamura, T.* Home range structure of a population of *Aegithalos caudatus*. 2. Home range and territorialism in breeding season / T. Nakamura // Misc. Rep. Yamashina Inst. Ornithol. – 1972. – Vol. 6. – P. 424–488.

УДК 637.1.02

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ МОЛОКА

JUSTIFICATION OF OPERATION MODES FOR MILK DISINFECTION INSTALLATION

А. В. Родионова, Г. В. Новикова

A. V. Rodionova, G. V. Novikova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Представлены описание и обоснование эффективных режимов работы разработанной установки для обеззараживания молока.

Abstract. The article provides the description and justification of efficient operation modes of the developed installation for milk disinfection.

Ключевые слова: *обеззараживание молока, сверхвысокочастотный генератор, ультразвуковой генератор, ультрафиолетовый облучатель, комплексное воздействие физических факторов, приращение температуры, бактериальная обсемененность.*

Keywords: *disinfection of milk, superhigh frequency generator, ultrasonic generator, ultraviolet irradiation, complex influence of physical factors, temperature increment, bacterial semination.*

Актуальность исследуемой проблемы. Исходная бактериальная обсемененность молока, произведенного в условиях фермерских хозяйств, может достигнуть $6 \cdot 10^6 \ldots 1 \cdot 10^7$ КОЕ/см^3. Объем молока такого качества составляет около 250 тысяч тонн в год. В связи с этим возникает необходимость первичной обработки молока при фермерских хозяйствах с целью его обеззараживания. Обзор существующих способов и средств, обеспечивающих обеззараживание молока, свидетельствует об актуальности выбранного направления исследования [2], [3].

Материал и методика исследований. Изучение технологического процесса обеззараживания молока комбинированным воздействием физических факторов проводится в соответствии со структурной схемой исследования, включающей аналитический и экспериментальный этапы. Обоснована возможность применения для обеззараживания молока таких физических факторов, как электромагнитное поле сверхвысокой частоты, ультразвуковые колебания и бактерицидный поток ультрафиолетовых лучей [4]. Лабораторный образец установки для обеззараживания молока изготовлен на основе разработанной математической модели процесса его обеззараживания комбинированным воздействием физических факторов.

Источником СВЧ-энергии служит генератор MISTERY 1720, работающий на частоте 2450 МГц, потребляемой мощностью 1200 Вт. Воздействие ультрафиолетовых лучей на молоко осуществляется при помощи облучателя, содержащего лампу высокого давления ДРТ-240. Процесс кавитационного воздействия на молоко исследован с помощью ультразвукового генератора (УЗ-генератора) ВУ-09-«Я-ФП» мощностью 0,25 Вт, с резонансной частотой УЗ-преобразователя, равной 43кГц.

Результаты исследований и их обсуждение. Установка представляет собой цилиндрический экранирующий корпус 1 с крышкой 2, к которой жестко закреплена резонаторная камера 5. В крышке имеется отверстие для излучателя с магнетроном (рис. 1). Нижнее основание резонаторной камеры 5 перфорировано и состыковано с резервуаром УЗ-генератора. В свою очередь, на нижнем основании резервуара установлены пьезоэлектрические преобразователи 6 УЗ-генератора 7. Насос 8, счетчик молока 9 и вентили 14 соединены между собой через молокопровод 12. В молокопровод вмонтирована трубка из увиолевого стекла 10. Параллельно трубке через небольшой зазор установлен ультрафиолетовый облучатель 11. Патрубок подвода 15 одновременно выполняет функцию запредельного волновода 4, ограничивая тем самым излучение потока СВЧ-энергии за пределы экранирующего корпуса 1.

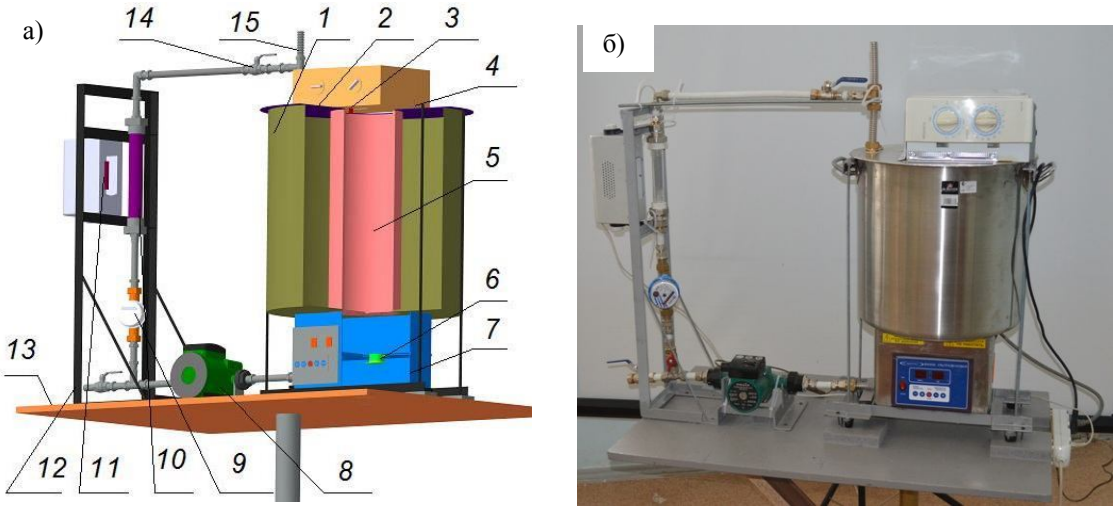


Рис. 1. ***Установка для обеззараживания молока: а) пространственное изображение: 1 – цилиндрический экранирующий корпус, 2 – крышка, 3 – СВЧ-генератор, 4 – волновод, 5 – резонаторная камера, 6 – излучатели ультразвуковых колебаний, 7 – УЗ-генератор, 8 – насос, 9 – счетчик молока, 10 – трубка из увиолевого стекла, 11 – ультрафиолетовый облучатель, 12 – молокопровод, 13 – увиолевое стекло, 14 – системы вентилей, 15 – патрубок подвода молока; б) лабораторный образец установки***

Технологический процесс обеззараживания молока происходит следующим образом. Молоко подается в полость резонаторной камеры 5 через патрубок подвода 15. Далее включают насос 8, СВЧ-3 и УЗ-генераторы 7, ультрафиолетовый облучатель 11. В процессе истечения струи молока из патрубка 15 в полость резонаторной камеры и че-

рез перфорацию дна камеры в резервуар УЗ-генератора происходит диэлектрический нагрев молока за счет токов поляризации. В резервуаре УЗ-генератора 7 молоко подвергается воздействию его акустического поля и краевого потока электромагнитного излучения СВЧ через перфорацию. При перекачивании молока с помощью насоса 8 через молокопровод 12 оно также подвергается воздействию бактерицидного потока ультрафиолетовых лучей через увиолевое стекло 13.

Изготовлен лабораторный образец установки для обеззараживания молока производительностью 16...18 кг/ч и мощностью 1,6 кВт. Обоснование режимов работы установки для обеззараживания молока проведено с учетом результатов исследования динамики нагрева сырья и оценки органолептических, физико-химических, микробиологических показателей обработанного молока. При этом воспользовались матрицей планирования трехфакторного активного эксперимента 2^3 и программным обеспечением «StatisticV5.0». В качестве основных факторов, влияющих на процесс обеззараживания молока, для исследования были выявлены: x_1 – удельная мощность СВЧ-генератора, Вт/г; x_2 – продолжительность воздействия, с; x_3 – удельная мощность УЗ-генератора, Вт/г. Критериями оптимизации являлись: Y_1 – производительность установки, кг/ч; Y_2 – энергетические затраты на обеззараживание молока, кВт·ч/кг; Y_3 – приращение температуры молока, °С; Y_3 – общее микробное число в молоке, КОЕ/см^3.

Выбор критериев оценки [1] обусловлен их наибольшей значимостью для процесса обеззараживания молока. В результате статистической обработки экспериментальных данных получены уравнения регрессии, адекватно описывающие процесс обеззараживания молока под воздействием варьируемых факторов. Представлены двумерные сечения в изолиниях и поверхности отклика трехфакторных моделей: производительность установки (рис. 2а); изменение бактериальной обсемененности в процессе обработки молока (рис. 2б); приращение температуры молока (рис. 3б); энергетические затраты на обеззараживание молока (рис. 3а).

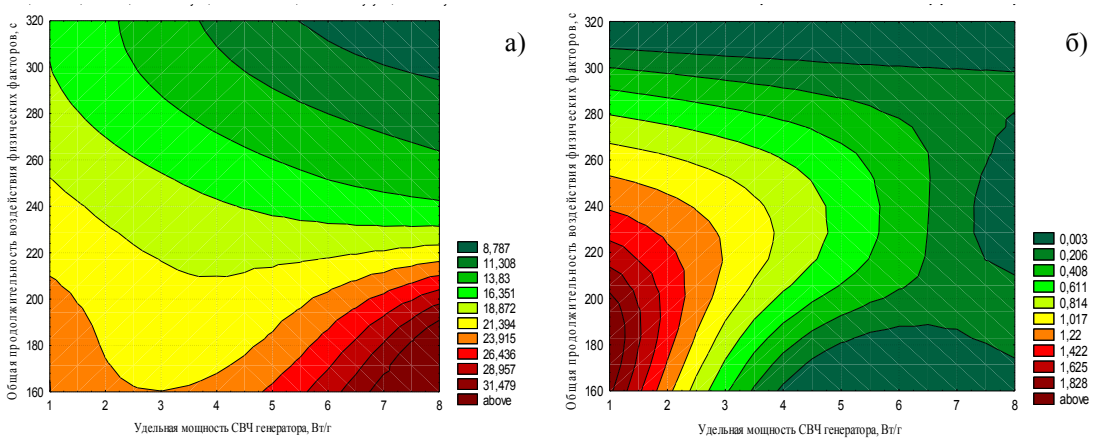


Рис. 2. ***Двумерное сечение в изолиниях трехфакторной модели: а) производительность установки; б) бактериальная обсемененность молока в зависимости от удельной мощности и продолжительности обеззараживания в установке при постоянной удельной мощности УЗ-генератора, равной 0,62 Вт/г***

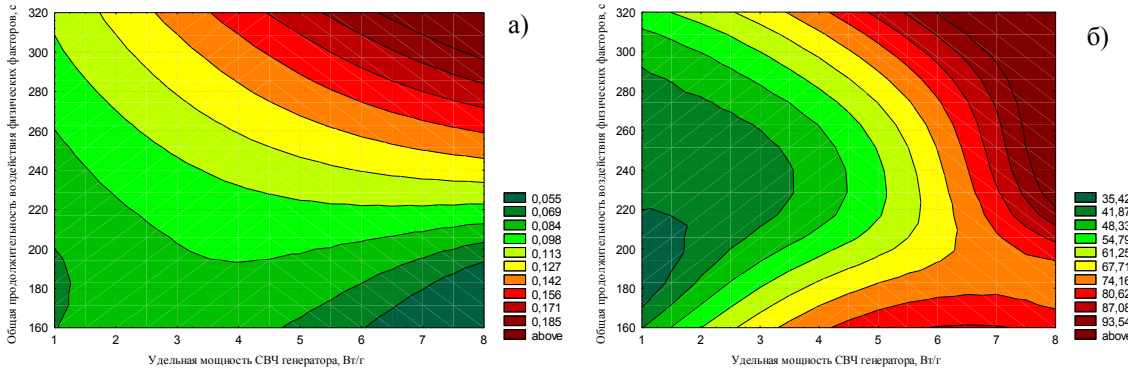


Рис. 3. ***Поверхность отклика трехфакторных моделей в зависимости от удельной мощности СВЧ-генератора и продолжительности обеззараживания в установке при постоянной удельной мощности УЗ-генератора: а) энергетические затраты на обработку молока; б) приращение температуры молока в процессе обеззараживания***

Резюме. Оптимальный режим работы установки достигается при $P_{уд\ свч}$= 4,2 Вт/г, $P_{уд\ уз}$= 0,625 Вт/г и общей продолжительности обработки молока – 240 с. При этом производительность установки равна 14,5 кг/ч, общее приращение температуры молока в результате воздействия ЭМП СВЧ и УЗ-колебаний – 56,8 °С, энергетические затраты на обеззараживание молока – 0,110 кВт·ч/кг, снижение бактериальной обсемененности молока – с $5{,}1 \cdot 10^6$ до $0{,}08 \cdot 10^6$ КОЕ/см^3.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белова, М. В.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Д. В. Поручиков, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.

2. *Новикова, Г. В.* Обеззараживание молока / Г. В. Новикова, А. Н. Пономарев // Сельский механизатор. – 2010. – № 5. – С. 23–25.

3. *Новикова, Г. В.* Поточная диатермическая установка для обеззараживания молока / Г. В. Новикова, А. Н. Пономарев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2010. – № 6. – С. 14–15.

4. *Родионова, А. В.* Технология пастеризации молока комбинированным воздействием электромагнитных излучений разных длин волн / А. В. Родионова, М. В. Белова, О. В. Михайлова, Г. А. Александрова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 122–125.

УДК 616.98 (470.344)

ВИЧ-ИНФЕКЦИЯ В ТРУДОСПОСОБНОМ ВОЗРАСТЕ В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

HIV INFECTION AMONG ABLE-BODIED POPULATION IN THE CHUVASH REPUBLIC

Л. В. Стекольщиков

L. V. Stekolschikov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Аннотация. В статье проанализирована распространенность ВИЧ-инфекции среди населения Чувашской Республики (ЧР) в трудоспособном возрасте. Оценены интенсивность и структура, кумулятивные показатели распространенности первичной заболеваемости в возрастно-половых группах населения. Самые высокие уровни первичной заболеваемости выявлены у лиц обоего пола в возрасте от 20 до 29 лет: в 2011 г. у мужчин она была выше в 2,4 раза, чем в целом среди мужской популяции республики, у женщин – в 3,1 раза. В республике по кумулятивному показателю 79,0 % больных (оба пола) были в возрасте 20–39 лет (мужчин – 78,0 %, женщин – 80,2 %).

Abstract. The article analyses the prevalence of HIV infection among able-bodied population of the Chuvash Republic. The intensity and structure of primary incidence, cumulative prevalence in age and gender groups are estimated. The highest levels of primary incidence in the age group of 20–29: men got it 2,4 times higher in 2011, than the male population of the republic, and women got it 3,1 times higher. In the republic, according to the cumulative indicator, 79,0 % of patients are (both men and women) at the age of 20–39 (men – 78,0 %, women – 80,2 %).

Ключевые слова: *ВИЧ-инфекция, заболеваемость, распространенность, трудоспособный возраст.*

Keywords: *HIV infection, incidence, prevalence, able-bodied age.*

Актуальность исследуемой проблемы. За четверть века со времени начала этой пандемии к 2006 г. в мире свыше 65 млн человек были инфицированы ВИЧ, свыше 25 млн умерли от СПИДа [8]. За 2011 г. в Российской Федерации (РФ) было выявлено 62384 новых случая ВИЧ-инфекции, из них в Приволжском федеральном округе (ПФО) – 15332, в ЧР – 129, что на 100 тыс. обследованных сывороток составляет 252,2, 277,9 и 64,4 случая соответственно [4]. Показатель первичной заболеваемости населения (на 100 тыс. человек) в 2011 г. в РФ составил 43,6 случая, в ПФО – 51,4, в ЧР – 10,2 [2]. Хотя заболеваемость в 2011 г. в ЧР была в 4,3 раза ниже, чем в целом по РФ, и в 5,0 раза ниже, чем в ПФО, ситуация вызывает тревогу, так как увеличивается количество регистрации новых случаев.

Цель исследования – установить основные тенденции заболеваемости и распространенности ВИЧ-инфекции среди трудоспособного населения ЧР.

Материал и методика исследований. В работе в качестве первичной информации использовались официально опубликованные данные по ВИЧ-инфекции в РФ и ЧР [1], [2], [3], [4], [5]. Интенсивные коэффициенты рассчитывались на среднегодовую численность населения в соответствующих возрастно-половых группах за 2009 и 2011 гг. Переменные величины представлены в виде интенсивных и экстенсивных коэффициентов, полученные результаты рассматривались как статистически значимые при $p<0,05$, $p<0,01$ и при условии $P>3m$. Значимость различий экстенсивных и интенсивных коэффициентов между возрастно-половыми группами оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Парные корреляционные связи между анализируемыми признаками определяли ранговым методом по Спирмену (ρ).

Результаты исследования и их обсуждение. Интенсивные коэффициенты первичной заболеваемости ВИЧ в ЧР представлены в табл. 1. За рассматриваемый период (2009–2011 гг.) сохраняется тенденция к росту заболеваемости всего населения, в том числе лиц трудоспособного возраста, однако в возрастном интервале 30–39 лет наблюдается снижение заболеваемости лиц обоего пола. Самые высокие уровни первичной заболеваемости выявлены у лиц обоего пола в возрасте 20–39 лет. В возрасте 20–29 лет заболеваемость мужчин в 2011 г. была в 2,4 раза выше, чем в целом среди мужской популяции республики (t=2,98), и на 73,3 % (t=2,09) выше, чем среди трудоспособного населения, заболеваемость женщин – в 3,1 раза (t=3,64) и на 98,6 % (t=2,57) соответственно. В возрасте 30–39 лет заболеваемость в 2,1 раза выше (оба пола, t=3,19), чем среди населения республики, и на 43,8 % (t<2) выше, чем среди лиц трудоспособного возраста.

Таблица 1

Первичная заболеваемость ВИЧ-инфекцией населения Чувашской Республики в 2009 и 2011 гг. (на 100 тыс. населения, P±m, p<0,01)

Возраст, лет	Мужчины		Женщины		Оба пола	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
0–14	0	0,99*	2,07	0	1,01	0,5
15–19	4,5	0	4,58	2,64	4,54	1,32
20–29	22,34±4,56	26,87±5,08	33,86±5,49	29,18±5,33	28,23±3,58	28,02±3,68
30–39	28,03±5,60	21,49±4,93	23,44±4,99	21,93±4,90	25,68±3,74	21,71±3,48
40–49	4,18	7,7	3,89	10,45±3,30	4,01	9,11±2,21
50–59	1,22	10,55±3,51	1,02	1,97	1,11	5,89±1,78
60–69	0	2,55	0	0	0	1,04
В т. ч. 15–59	13,36±1,78	15,5±1,95	14,89±1,82	14,69±1,85	14,15±1,27	15,09±1,34
Все население	9,47±1,26	11,18±1,38	10,03±1,21	9,41±1,18	9,77±0,87	10,23±0,90

Примечание: * – здесь и далее $p>0,05$.

Анализ парных корреляционных связей заболеваемости ВИЧ-инфекцией с инфекциями, передаваемыми половым путем (ИППП), и наркоманией по возрастному признаку выявил факт сопряженности уровней первичной заболеваемости. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ) между заболеваемостью ВИЧ-инфекцией и

ИППП без полового признака составил 0,964±0,129 ($p<0,01$), для мужчин – 0,956±0,129 ($p<0,01$), для женщин – 0,804±0,266 ($p<0,01$). Аналогичный коэффициент заболеваемости наркоманией (оба пола) составил 0,975±0,129 ($p<0,01$). Другими словами, ВИЧ-инфекция, ИППП и наркомания по возрастному признаку идут параллельно (имеется сопряженность), связь между этими болезнями прямая, сильная и достоверная (для анализа использовали отчетные формы № 9 и № 11 соответствующих республиканских диспансеров за 2009 г.). И это вполне естественно, поскольку ИППП и ВИЧ-инфекция чаще всего поражают одни и те же уязвимые возрастные группы населения в связи с передачей данных инфекций при незащищенных сексуальных контактах [7], а молодой возраст самый сексуально активный. Показатель новых случаев ВИЧ-инфекции среди больных ИППП на 100 тыс. протестированных с 1993 по 2008 г. в стране увеличился в 193,5 раза [7]. Аналогичная ситуация с потребителями инъекционных наркотиков (ПИН): в ЧР у 40,3 % ВИЧ-позитивных путем заражения явилось внутривенное введение наркотиков нестерильным инструментом [3], в РФ – у 56,2 % [4], 80,0 % лиц, задержанных в наркопритонах, – молодые люди до 30 лет [6].

Кумулятивные показатели распределения ВИЧ-инфицированных по возрасту и полу в ЧР в абсолютных цифрах представлены в табл. 2, интенсивные коэффициенты – в табл. 3. В республике количество больных ВИЧ-инфекцией (оба пола) в возрасте 20–39 лет составило 79,0 % (в РФ – 84,0 % [4]), мужчин в этом возрасте – 78,0 %, женщин – 80,2 %. При этом самым пораженным возрастом у лиц обоего пола является возрастная группа 20–29 лет, что хорошо видно по экстенсивным и интенсивным коэффициентам (см. табл. 2 и 3). Более 98,0 % больных были в трудоспособном возрасте (15–59 лет) (см. табл. 2), в этом же возрастном интервале отмечаются наиболее высокие интенсивные показатели (см. табл. 3). В эпидемический процесс все больше вовлекается женское население республики, особенно в трудоспособном возрасте. За два года (2009–2011 гг.) темп прироста распространенности инфекции для мужчин трудоспособного возраста составил 23,9 % ($t=3,96$) (в мужской популяции республики – 22,5 %), для женщин – 35,0 % ($t=4,71$) (в женской популяции республики – 31,9 %).

Таблица 2

Кумулятивный показатель распределения ВИЧ-инфицированных по возрасту и полу в Чувашской Республике за 1994–2012 гг. (возрастная категория на момент выявления, без СПИДа и умерших, $p<0,01$ [3])

Возраст (лет)	Мужчины		Женщины		Оба пола	
	Абс. количество	% P±m	Абс. количество	% P±m	Абс. количество	% P±m
0–14	8	1,3*	8	1,4	16	1,4±0,34
15–19	48	8,1±1,12	44	8,0±1,15	92	8,1±0,81
20–29	314	53,1±2,05	320	58,2±2,1	634	55,5±1,47
30–39	147	24,9±1,8	121	22,0±1,76	268	23,5±1,25
40–49	55	9,3±1,2	41	7,4±1,11	96	8,4±0,82
50–59	17	2,9±0,69	14	2,5±0,66	31	2,7±0,48
60–69	2	0,4	2	0,5	4	0,4
Всего	591	100	550	100	1141	100
В т. ч. 15–59	581	98,3±0,53	540	98,2±0,56	1121	98,2±0,39

Примечание:* – здесь и далее $p>0,05$.

Во всех возрастных группах темп прироста распространенности инфекции среди женщин значительно выше, чем среди мужчин (см. табл. 3). Так, в возрасте 20–29 лет за 2009–2011 гг. темп такого прироста у мужчин составил 20,4 %, у женщин – 34,7 %, в возрасте 30–39 лет – 27,3 и 45,0 % соответственно, в возрасте 40–49 лет – 32,8 и 77,5 %, только в возрастном интервале 50–59 лет данный показатель у лиц обоего пола совпадает (более 76,0 %). В 2011 г. распространенность инфекции в возрасте 20–29 лет без полового признака была в 3,0 раза выше, чем среди населения республики, и почти в 2,1 раза выше, чем в возрастном интервале 15–59 лет, у мужчин – в 2,9 и 2,1 раза соответственно, у женщин – в 3,8 и почти в 2,5 раза (см. табл. 3). Наблюдается сокращение разрыва в распространенности ВИЧ-инфекции среди мужской и женской популяций республики. В 2009 г. среди 15–59-летних разница в распространенности инфекции у мужчин была на 54,0 % выше, чем у женщин (t=6,92), среди всего населения – на 66,1 % (t=8,14); в 2011 г. эта разница составила 41,3 и 54,3 % соответственно (t>6,19). Но не во всех возрастных группах наблюдаются одинаковые тенденции. В 20–29 лет разница в распространенности ВИЧ-инфекции среди мужчин и женщин за рассматриваемый период сократилась с 34,0 до 19,7 %, в 30–39 лет – с 68,1 до 48,1 %, в 15–19 лет разница сохранилась (20,7–21,3 %), в 50–59 лет также сохранилась (в 2,6 раза), а в 40–49 лет увеличилась (в 2009 г. разница составила 77,9 %, а в 2011 г. увеличилась до двух раз) (см. табл. 3).

О вовлечении женщин в эпидемиологический процесс свидетельствуют и экстенсивные коэффициенты. В 2000 г. в структуре ВИЧ-инфицированных по половому признаку мужчины составили 80,8 %, а женщины – только 19,2 %, в 2012 г. – 50,0 и 50,0 % соответственно [3].

Таблица 3

Кумулятивные показатели распространенности ВИЧ-инфекции среди населения Чувашской Республики в 2009 и 2011 гг. (на 100 тыс. населения, P±m, p<0,01)

Возраст, лет	Мужчины		Женщины		Оба пола	
	2009	2011	2009	2011	2009	2011
0–14	6,96*	7,95	7,27	8,29	7,11±1,9	8,12±2,03
15–19	13,66±17,15	162,84±2089	107,68±15,7	134,85±18,87	119,27±11,63	147,45±13,99
20–29	321,36±17,27	386,83±19,23	239,75±14,61	322,94±17,7	279,62±11,27	327,08±12,55
30–39	158,13±13,31	201,33±15,07	93,77±10,0	135,96±12,2	125,12±8,26	146,42±9,02
40–49	70,41±8,54	93,52±10,13	25,33±4,97	44,97±6,86	47,18±4,87	59,52±5,65
50–59	15,98±4,43	28,14±5,74	6,14	10,86±3,28	10,61±2,44	12,86±2,63
60–69	5,4	12,78	1,79	1,76	3,23	5,22
15–59	149,21±5,96	184,87±6,73	96,9±4,64	130,87±5,52	122,12±3,74	157,14±4,33
Все население	107,26±4,25	131,43±4,75	64,55±3,06	85,16±3,56	84,29±2,56	106,67±2,92

Примечание:* – здесь и далее p>0,05.

Вместе с тем распространенность ВИЧ-инфекции за анализируемый период увеличилась во всех возрастных группах (см. табл. 3), что свидетельствует о перемещении инфекции из уязвимых групп в основное население республики, как и в целом в РФ [9]. Сокращение уровня распространенности ВИЧ-инфекции среди мужчин и женщин и увеличение удельного веса женщин среди инфицированных свидетельствуют о вовле-

чении в эпидемиологический процесс гетеросексуального населения республики, что наблюдается и в РФ [10]. Если в 1994–2008 гг. в ЧР гетеросексуальный контакт явился причиной заражения 44,2 %, то в 2012 г. – уже 74,6 %, при этом число ПИН сократилось с 51,3 до 13,0 % [3].

Резюме. Заболеваемость ВИЧ-инфекцией и ее распространенность среди населения ЧР из года в год увеличиваются. Самые высокие уровни первичной заболеваемости выявлены у лиц обоего пола в возрасте 20–39 лет. В 2011 г. заболеваемость мужчин в возрасте 20–29 лет была в 2,4 раза выше, чем в целом среди мужской популяции республики, и на 73,3 % выше, чем среди трудоспособного населения (15–59 лет), заболеваемость женщин – в 3,1 раза и на 98,6 % соответственно. В возрасте 30–39 лет заболеваемость была в 2,1 раза выше (оба пола), чем в целом среди населения республики.

В ЧР, как и в РФ, наблюдается сопряженность заболеваемости ВИЧ-инфекцией с ИППП и наркоманией по возрастному признаку. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена (ρ) между заболеваемостью ВИЧ-инфекцией и ИППП по возрастному признаку составил 0,975(оба пола), между наркоманией и заболеваемостью ВИЧ-инфекцией – 0,975.

В республике выявлены 78,0 % ВИЧ-инфицированных мужчин (кумулятивный показатель за 1994–2012 гг.) и 80,2 % ВИЧ-инфицированных женщин в возрасте 20–39 лет, более 98,0 % больных были в трудоспособном возрасте. В эпидемиологический процесс все больше вовлекается женское население республики, и наблюдается снижение уровня распространенности ВИЧ-инфекции среди мужской и женской популяций. В 2009 г. среди 15–59-летних разница в распространенности инфекции у мужчин была на 54,0 % выше, чем у женщин, в 2011 г. эта разница равнялась 41,3 %. В 2000 г. в структуре ВИЧ-инфицированных по половому признаку мужчины составляли 80,8 %, женщины – только 19,2 %, в 2012 г. – 50,0 и 50,0 % соответственно.

Во всех возрастных группах заболеваемость ВИЧ-инфекцией и ее распространенность увеличивается, что свидетельствует о переходе инфекции из уязвимых групп в основное население, при этом в эпидемический процесс все больше вовлекается гетеросексуальное население. В ЧР в 1994–2008 гг. 44,2 % заразились ВИЧ-инфекцией в результате гетеросексуального контакта с инфицированными, в 2012 г. – 74,6 %, а число ПИН сократилось с 51,3 до 13,0 %.

Высокая заболеваемость ВИЧ-инфекцией и ее распространенность в молодых возрастных группах, сопряженность с ИППП и наркоманией убедительно показывают, что борьба с ВИЧ-инфекцией – это проблема межсекторального сотрудничества: республиканских органов Федеральной службы по контролю за оборотом наркотиков и учреждений Минздравсоцразвития и образования ЧР.

ЛИТЕРАТУРА

1. *ВИЧ-инфекция* в Чувашской Республике в 2012 году [Электронный ресурс] : информационная бюллетень № 119 / А. А. Щербаков, О. П. Семенов, Э. И. Миронова [и др.]. – Чебоксары : БУ «Республиканский центр по профилактике и борьбе со СПИД и инфекционными заболеваниями» Минздравсоцразвития ЧР, 2013. – С. 27. – Режим доступа: http://rc-spid.med.cap.ru

2. *ВИЧ-инфекция* в Чувашской Республике по состоянию на 31.12.2009 года : информационная бюллетень № 103 от 14.01.2010 № 06/01-10 / А. А. Щербаков, Э. И. Миронова, Н. В. Туктанов, Т. Ф. Гисматуллина, Е. Ю. Рыбакова, Е. В. Соловьева. – Чебоксары : ГУЗ «Республиканский центр по профилактике и борьбе со СПИД и инфекционными заболеваниями» Минздравсоцразвития ЧР, 2010. – 6 с.

3. *ВИЧ-инфекция* в Чувашской Республике по состоянию на 31.12.2009 года [Электронный ресурс] : информационная бюллетень № 113 от 16.01.2012 № 12/01-10 / А. А. Щербаков, Э. И. Миронова, Н. В. Туктанов, Т. Ф. Гисматуллина, Е. Ю. Рыбакова, Е. В. Соловьева. – Чебоксары : БУ «Республиканский центр по профилактике и борьбе со СПИД и инфекционными заболеваниями» Минздравсоцразвития ЧР, 2013. – С. 15. – Режим доступа: http://rc-spid.med.cap.ru

4. *ВИЧ-инфекция* [Электронный ресурс] : информационная бюллетень № 36 /В. В. Покровский, Н. Н. Ладная, Е. В. Соколова, Е. В. Буровцева. – М. : Федеральный научно-методический центр по профилактике и борьбе со СПИДом, 2012. – С. 52. – Режим доступа: http://hivrussia.ru

5. *Государственный* доклад о состоянии здоровья населения ЧР в 1990–2000 годах (утвержден постановлением Кабинета Министров ЧР от 31.05.2001 № 124) [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://chuvashia.newscity.info/docs/sistemsn/dok_oeytfi/index.htm

6. *Иванов, В. П.* Выступление на заседании Президиума Государственного Совета, посвященного борьбе с распространением наркотиков среди молодежи / В. П. Иванов // Наркология. – 2011. – № 5. – С. 12–15.

7. *Ладная, Н. Н.* ВИЧ-инфекция и инфекции, передающиеся половым путем в Российской Федерации в 1993–2008 гг. / Н. Н. Ладная, М. А. Иванова // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2010. – № 3. – С. 4–11.

8. *Политическая* декларация по ВИЧ/СПИДу (принята резолюцией № 60/262 2 июня 2006 года Генеральной Ассамблеей ООН) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/aidsdecl.shtml

9. *Развитие* эпидемии ВИЧ-инфекции в регионах Российской Федерации в 2007 г. / Н. Н. Ладная, Е. В. Соколова, О. Г. Юрин [и др.] // Эпидемиология и инфекционные болезни. – 2008. – № 3. – С. 7–12.

УДК 616-002.5 (470.344)

РАСПРОСТРАНЕННОСТЬ ТУБЕРКУЛЕЗА СРЕДИ НАСЕЛЕНИЯ ТРУДОСПОСОБНОГО ВОЗРАСТА В ЧУВАШСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ

PREVALENCE OF TUBERCULOSIS AMONG ABLE-BODIED POPULATION IN THE CHUVASH REPUBLIC

Л. В. Стекольщиков

L. V. Stekolschikov

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова», г. Чебоксары

Аннотация. В статье проанализирована распространенность туберкулеза (ТБ) среди населения трудоспособного возраста в Чувашской Республике (ЧР). Оценены интенсивность и структура контингента больных ТБ в возрастно-половых группах. Из общего количества больных 91,9 % (оба пола) были в возрастном интервале 15–64 года (мужчин – 94,6 %, женщин – 82,9 %). У мужчин в возрасте 35–44 года уровень распространенности ТБ на 23,9 % выше, чем в 15–64 года, и на 57,6 % выше, чем в целом в мужской популяции республики. У женщин уровень распространенности ТБ в возрасте 15–64 года на 34,5 % выше, чем в целом в женской популяции республики. Без учета пола наиболее высокий уровень распространенности ТБ выявлен в возрастном интервале 45–54 года.

Abstract. The article analyses the prevalence of tuberculosis among the able-bodied population in the Chuvash Republic. The contingent intensity and structure of tuberculosis patients in age and gender groups are estimated. From the total number of patients, 91,9 % (both men and women) are at the age interval of 15–64 (men – 94,6, women – 82,9 %). The level of prevalence of TB is 23,9% higher at the men aged 35–44, than 15–64 and 57,6 % higher than of all the male population of the republic. The level of prevalence of TB among women at the age of 15–64 is 34.5 % higher than of the female population of the republic. Without regard to gender the highest level of TB prevalence is in the age interval of 45–54.

Ключевые слова: *туберкулез, трудоспособный возраст, структура, распространенность.*

Keywords: *tuberculosis, able-bodied age, structure, prevalence.*

Актуальность исследуемой проблемы. По мнению экспертов Всемирной организации здравоохранения, ТБ находится среди заболеваний, представляющих угрозу существованию человеческой цивилизации. В Российской Федерации (РФ) в 2010 г. было зарегистрировано 91687 новых случаев ТБ [3], что составляет 76,5 случая на 100 тыс. населения [2]. В ЧР в 2010 г. заболел 891 человек [8], интенсивный коэффициент составил 69,69 на 100 тыс. населения.

Цель исследования – проанализировать и оценить уровень распространенности ТБ среди населения трудоспособного возраста в ЧР.

Материал и методика исследований. Необходимая первичная информация по контингенту больных ТБ была получена в оргметодотделе республиканского противотуберкулезного диспансера. Интенсивные показатели рассчитывались на среднегодовую численность населения в соответствующих возрастно-половых группах. Средние величины определялись методом вариационной статистики. Переменные величины представле-

ны в виде интенсивных и экстенсивных коэффициентов, полученные результаты рассматривались как статистически значимые при $p<0,01$. При расчете коэффициентов использовались те возрастные градации, которые приняты во фтизиатрической службе страны и в мировой практике. Значимость различий относительных коэффициентов и средних величин между возрастно-половыми группами оценивали с помощью t-критерия Стьюдента. Характер и силу связи между возрастом и уровнем распространения ТБ определяли методом ранговой корреляции по Спирмену (ρ).

Результаты исследований и их обсуждение. Структура контингента больных активным ТБ в возрастно-половых группах представлена в табл. 1, интенсивные коэффициенты распространенности – в табл. 2. Из табл. 1 видно, что из общего количества больных 91,9 % (оба пола) были в возрастном интервале 15–64 года, мужчин – 94,6 %, женщин – 82,9 %. Разность в удельном весе больных в возрастном интервале 15–64 года между мужчинами и женщинами статистически достоверна (t=5,57). У мужчин наибольшее количество больных было в возрасте 45–54 года, у женщин – 25–34 года.

Таблица 1

Возрастно-половая структура контингента туберкулезных больных в Чувашской Республике в 2009 г. (P±m, p<0,01)

Возраст, лет	Всего		Туберкулез органов дыхания		В том числе				Туберкулез внелегочной локализации	
					туберкулез легких		фиброзно-кавернозный туберкулез			
	абс. кол-во	в % к итогу	абс. кол-во	в % к итогу	абс. кол-во	в % к итогу	абс. кол-во	в % к итогу	абс. кол-во	в % к итогу
Мужчины										
0–14	7	0,6*	5	0,4*	1	0,09*	0	0	2	11,6*
15–24	103	8,5±0,81	100	8,6±0,82	96	8,5±0,83	4	3,6*	3	17,6*
25–34	241	20,5±1,17	241	20,8±1,19	231	20,3±1,19	22	19,5±3,73	0	0
35–44	278	23,6±1,24	277	23,9±1,25	275	24,2±1,27	25	22,1±3,9	1	6,2*
45–54	335	28,5±1,31	331	28,5±1,32	328	28,9±1,33	44	38,9±4,58	4	23,5*
55–64	157	13,3±0,99	153	13,2±0,99	151	13,3±1,0	12	10,6±2,89	4	23,5*
65 и старше	56	5,0±0,63	53	4,6±0,61	53	4,7±0,63	6	5,3*	3	17,6*
Всего	1177	100	1160	100	1135	100	113	100	17	100
В т. ч. 15–64	1114	94,6±0,6	1102	95,0±0,6	1081	95,2±0,6	107	94,7±2,1	12	70,6±11,4
Женщины										
0–14	13	3,6±0,98	10	3,0±0,93	3	0,9*	0	0	3	11,15*
15–24	73	20,4±2,13	69	2,8±2,23	65	20,5±2,3	0	0	4	14,8*
25–34	80	22,3±2,19	76	23,0±2,31	76	24,0±2,4	3	14,3*	4	14,8*
35–44	56	15,6±1,92	53	16,0±2,0	53	16,7±2,1	8	38,1±10,8	3	11,15*
45–54	62	17,3±1,99	58	17,5±2,1	56	17,7±2,1	6	28,6*	4	14,8*
55–64	26	7,3±1,37	21	6,3±1,3	21	6,6±1,4	2	9,5*	5	18,5*
65 и старше	48	13,5±1,80	44	13,4±1,9	43	13,6±1,9	2	9,5*	4	14,8*
Всего	358	100	331	100	317	100	21	100	27	100
В т. ч. 15–64	297	82,9±2,0	277	83,7±2,0	271	85,5±1,9	19	90,5±6,5	20	74,1±8,6

Примечание: * – p>0,05.

Средний возраст больных в возрастном интервале 15–64 года составил 40,64±0,33 года (оба пола): мужчин – 41,81±0,35 года, женщин – 36,23±0,75. Разность в среднем возрасте больных в рассматриваемом возрастном интервале между мужчинами и женщинами статистически достоверна (t=6,73). Связь между возрастом и уровнем распространения ТБ для населения республики прямая, сильная и достоверная. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена для мужчин – 0,923±0,172 (p <0,01), для женщин – 0,804±0,266 (p<0,01). С увеличением возраста увеличивается разрыв в уровне общей заболеваемости мужчин и женщин. Так, в 15–24 года разность в уровнях общей заболеваемости между мужчинами и женщинами составила только 39,85 % (t=2,7), а в 55–64 года – в 7,8 раза (см. табл. 2). Во всех возрастно-половых группах, за исключением детского возраста (см. табл. 1), абсолютное количество больных мужчин больше, чем женщин. Если в возрастном интервале 15–24 года абсолютное количество больных ТБ мужчин больше на 41,1 %, чем женщин, то в возрасте 25–34 года – в 3 раза больше, а в возрастном интервале 35–64 года перевес мужчин в 4,9–6,0 раза. В целом, в возрастном интервале 15–64 года доля мужчин, больных ТБ, составляет 78,95±1,0 % (из общего количества больных). Минимальная доля мужчин увеличивается от 58,5±3,7 (15–24 года) до 75,1±2,4 % (25–34 года) и достигает максимального удельного веса 85,8±2,6 % (55–64 года) (см. табл. 1).

У мужчин в возрасте 35–44 года уровень общей заболеваемости на 23,9 % выше (t=3,0), чем в 15–64 года, и на 57,6 % (t=5,8) выше, чем в целом в мужской популяции республики (см. табл. 2). В возрастных интервалах 25–34 и 55–64 года у мужчин уровень общей заболеваемости выше на 2,6 и 9,5 % соответственно, чем в целом в возрасте 15–64 года, но без достоверной разности (t<2). По сравнению с уровнем распространения ТБ среди мужской популяции республики у мужчин в этих же возрастных интервалах данный уровень на 30,5 и 39,3 % выше (t=3,4) (см. табл. 2). У женщин уровень общей заболеваемости в возрасте 15–64 года достоверно выше на 34,5 % (t=2,05), чем в целом в женской популяции республики (см. табл. 2). Самый высокий уровень распространенности ТБ среди мужчин выявлен в возрасте 45–54 года, он на 36,7 % выше, чем в возрастном интервале 15–64 года (t=4,57), и в 1,7 раза выше, чем в мужской популяции республики (t=7,45).

Таблица 2

Возрастно-половые показатели распространенности туберкулеза среди населения Чувашской Республики в 2009 г. (на 100 тыс. населения, p<0,01)

Возраст, лет	**Оба пола (P±m)**	**Мужчины (P±m)**	**Женщины (P±m)**
0–14	10,16±2,3	6,96*	13,5±3,7
15–24	84,02±6,3	97,9±9,6	70,0±8,2
25–34	166,68±9,3	259,8±16,7	80,1±8.9
35–44	183,7±10,0	313,9±18.8	60,1±8,0
45–54	193,5±9,7	346,3±18,9	57,2±7,3
55–64	140,9±10,4	277,4±22,1	35,5±6,9
65 лет и старше	63,71±6,2	110,5±14,7	42,6±6,1
Всего	120,1±3,1	199,1±5,8	52,0±2,7
В т. ч. 15–64	153,56±4,1	253,3±7,6	61,9±3,6

Примечание: * – p>0,05.

У женщин этот показатель наиболее высок в возрасте 25–34 года: в 1,5 раза больше, чем в женской популяции республики (t=3,0). Без учета пола наиболее высокий уровень распространения ТБ выявлен в возрастном интервале 45–54 года (см. табл. 2). Здесь, видимо, сказывается накопление контингента больных ТБ в результате первичной заболеваемости в возрастном интервале 25–44 года [5], поскольку ТБ – это хроническое заболевание с длительным течением инфекционного процесса, к тому же в настоящее время значительно увеличилась множественная лекарственная устойчивость микобактерий туберкулеза к основным и резервным противотуберкулезным препаратам [4], и ТБ плохо поддается лечению.

Резюме. По половому признаку уровень распространенности ТБ среди мужчин в 3,8 раза выше, чем среди женщин, и составляет 91,9 % в возрастном интервале 15–64 года. Средний возраст больных в возрастном интервале 15–64 года – 40,6 года. Связь между возрастом и уровнем распространенности ТБ для населения республики прямая, сильная и достоверная: чем старше возраст, тем выше общая заболеваемость (коэффициент Спирмена составляет 0,80–0,92). Во всех возрастно-половых группах выявлено абсолютное количество больных ТБ мужчин, и интенсивность распространенности ТБ среди них выше, чем среди женщин. Чем старше возраст, тем выше разность в распространенности инфекции по половому признаку. В 15–24 года разность в уровнях общей заболеваемости между мужчинами и женщинами составила только 39,85 % (t=2,7), а в 55–64 года – в 7,8 раза. Как у мужчин, так и у женщин уровень распространенности ТБ в возрастном интервале 15–64 года существенно выше, чем в целом среди населения республики. Самый высокий уровень распространенности ТБ выявлен среди мужчин в возрасте 45–54 года, он на 36,7 % выше, чем в возрасте 15–64 года, и в 1,7 раза выше, чем в целом в мужской популяции республики. У женщин этот показатель наиболее высок в возрасте 25–34 года: в 1,5 раза больше, чем в целом в женской популяции республики. Материалы исследования показывают, что ТБ – актуальная проблема для населения трудоспособного возраста. Профилактические мероприятия по предупреждению распространения ТБ в республике в первую очередь должны быть направлены на трудоспособную часть населения, особенно после 25 лет. Необходимо уделять повышенное внимание возрастным группам 35–54 года среди мужчин и 25–44 года среди женщин.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Основные* показатели здоровья населения и деятельности учреждений здравоохранения Чувашской Республики в 2010 г. – Чебоксары : Медицинский информационно-аналитический центр, 2011. – 132 с.

2. *О состоянии* санитарно-эпидемиологического благополучия населения Российской Федерации в 2011 году [Электронный ресурс] : государственный доклад. – М. : Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2012. – 316 с. – Режим доступа: rospotrebnadzor.ru/c/document_library/get_file

3. *Отраслевые* показатели противотуберкулезной работы в 2009–2011 гг. [Электронный ресурс] : стат. материалы. – М., 2011. – Режим доступа: www.mednet.ru/images/stories/files/CMT/Otraslevye_pokazateli_ protivotuberkuleznoi_raboty_2009_2010.pdf

4. *Ресурсный* центр по изучению политики в сфере туберкулеза [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.tbpolicy.ru/statistic/national/

5. *Стекольщиков, Л. В.* Заболеваемость населения трудоспособного возраста социально значимыми болезнями / Л. В. Стекольщиков // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (70). – С. 146–149.

УДК 581.9

ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ПРИУРОЧЕННОСТЬ ФЛОРЫ ТРАНСПОРТНЫХ ПУТЕЙ УЛЬЯНОВСКОЙ ОБЛАСТИ

DISTRIBUTION OF FLORA OF TRAFFIC ROADS IN THE ULYANOVSK REGION

С. С. Судакова

S. S. Sudakova

ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный педагогический университет имени И. Н. Ульянова», г. Ульяновск

Аннотация. В статье приведены данные географического анализа аборигенной фракции флоры трех видов транспортных путей Ульяновской области, а также анализ флорогенетических элементов заносной фракции.

Abstract. The article presents the geographical data on the analysis of the native flora fraction of the three types of transport roads in the Ulyanovsk region. It also gives the analysis of florogenetic elements of adventive fraction.

Ключевые слова: *аборигенная фракция, адвентивная фракция, ареал, долготная группа ареалов, географический элемент флоры, флорогенетический элемент.*

Keywords*: native fraction, adventive fraction, range, longitude group of ranges, geographical element of flora, florogenetic element.*

Актуальность исследуемой проблемы. Виды растений, образующих придорожную флору, имеют различную географическую приуроченность. Географический анализ позволяет установить происхождение видов, а также закономерности их распространения [12, 244]. Данный анализ проводится на основе определения ареала распространения каждого вида. Ареал – область распространения вида, границы которого чаще всего обусловлены наличием конкурентов. Климатические особенности местности могут лишь косвенно влиять на определение границы ареала [2, 261]. Если же считать, что флора транспортных путей носит синантропный характер, то распространение таких видов связано в большей мере с антропогенным вмешательством. Виды расширяют свои ареалы за счет продвижения по нарушенным экотопам [8, 204].

Материал и методика исследований. Для выделения широтных и долготных групп ареалов использовались работы нескольких авторов (А. А. Гроссгейм, 1936; А. В. Куминова, 1960; А. И. Толмачев, 1974; Л. И. Малышев, 1965; А. Л. Тахтаджян, 1978; А. С. Ревушкин, 1988).

Результаты исследований и их обсуждение. Всего было выделено шесть классов ареалов: космополитный, голарктический, европейский, евразиатский, евро-западноазиатский, азиатский, которые в свою очередь также делятся на группы. Географических элементов было выделено пять: неморальный, степной, плюризональный, бореальный, лесостепной (табл. 1).

Таблица 1

Географическая характеристика флоры

Долготная группа ареалов	Географический элемент флоры						
	Неморальный	Степной	Плюризональный	Бореальный	Лесостепной	Всего	
						абс.	%
Космополитный класс			**17**			**17**	**5,0**
Гемикосмополитная			15			15	
Космополитная			2			2	
Голарктический класс		**1**	**31**	**9**	**1**	**42**	**12,5**
Голарктическая		1	31	9	1	42	
Европейский класс	**10**	**8**	**3**	**2**	**3**	**26**	**7,7**
Европейская	10	5	3	2	3	23	
Восточноевропейская		3				3	
Евразиатский класс	**2**	**25**	**58**	**13**	**11**	**109**	**32,4**
Евросибирская	1	2	3	1	4	11	
Евразиатская	1	16	50	11	6	84	
Евросибирско-центральноазиатская		3	1			4	
Евросибирско-восточноазиатская		1	1			2	
Евросибирско-западноазиатская		1	3	1	1	6	
Восточноевро-сибирско-азиатская		2				2	
Евро-западноазиатский класс	**9**	**51**	**32**	**10**	**25**	**127**	**37,8**
Евро-западноазиатская	9	25	27	7	16	84	
Евро-западно-югоазиатская					1	1	
Евро-западносибирская		5	2		3	10	
Евро-юго-западноазиатская		10	3	2	4	19	
Евро-западносибирско-азиатская				1		1	
Восточноевро-западноазиатская		10			1	11	
Азиатский класс		1				**1**	**0,3**
Южноазиатская		1				1	
Всего	**21**	**85**	**138**	**34**	**40**		

В аборигенной фракции флоры транспортных путей Ульяновской области наблюдается преобладание видов с широким ареалом, что является типичным для антропогенно трансформированных территорий. Евро-западноазиатский класс составляет 37,8 %, евразиатский – 32,4 %, голарктический – 12,5 %. Представителей других географических групп немного. В евро-западноазиатском классе доминирует группа собственно евро-западноазиатских видов (*Betula pendula Poth., Herniaria glabra L.),* евро-западно-югоазаиатская и евро-западносибирско-азиатская группы представлены одним видом (*Sorbus aucuparia L.* и *Pimpinella saxifraga L.* соответственно). В евразиатском классе наибольшее распространение получила евразиатская группа (84 вида, среди которых *Thalictrum minus L., Psammophiliella muralis (L.) Ikonn., Berteroa incana (L.) DC.)*. Остальные группы представлены значительно меньшим числом видов. Доля же космополитных растений во флоре транспортных путей выше, чем во флоре г. Ульяновска (3,7 %), что говорит о космополитизации придорожной флоры и связано со специфическими условиями вдоль транспортных магистралей. Так, по мнению В. В. Алехина, космополиты в основном виды водные, влажных мест обитания или, наоборот, засушливых экотопов, что соответствует условиям обочин и скосов.

В широтно-географическом спектре преобладают виды плюризонального, степного и лесостепного элементов флоры. Большое число плюризональных видов (видов с широким ареалом распространения) типично для нарушенных вторичных экотопов, к которым относятся обочины и скосы транспортных путей. Вполне объяснима доля степных видов, благоприятно чувствующих себя на недостаточно увлажненных оголенных почвах обочин, среди которых типичные представители: *Artemisia austriaca Jacq., A. campestis L., Centaurea adpressa Ledeb., Agropyron desertorum (Fisch. Ex Link.) Schultz.* и др. Значительная доля видов с лесостепным ареалом распространения объясняется климатическими условиями Приволжской возвышенности [9, 22]. Географический анализ флоры транспортных путей Ульяновской области отражает трансформацию флоры, а также особые гидрологические и климатические условия, позволяющие рассматривать флору как особую техногенную, находящуюся в постоянном изменении, в результате миграции видов.

Рассмотрим географическую характеристику адвентивного компонента флоры транспортных путей Ульяновской области. Активное развитие транспорта Ульяновской области приводит к нарушению экологического состояния естественных природных сообществ, а также к заносу новых видов, которые, впоследствии адаптировавшись на нарушенных территориях, внедряются в естественные сообщества [7, 115]. Таким образом, флора транспортных путей формируется за счет аборигенного и адвентивного компонентов.

Внедрение новых видов на территорию области, а также их расселение по различным биотопам объясняются флорогенетической принадлежностью каждого вида.

Всего нами было выделено 13 флорогенетических центров (табл. 2). Из таблицы видно преобладание средиземноморского (26,0 %) и ирано-туранского (23,6 %) центров происхождения видов, среди которых отмечены следующие виды: *Cannabis sativa L., Hippophae rhamnoides L., Allium cepa L., Avena sativa L., Dianthus barbatus L., Beta vulgaris L.,* относящиеся к группе культурных растений, завезенных человеком, но впоследствии некоторые одичали, заняли нарушенные биотопы. Кроме того, эти две группы содержат большое количество типично сорных видов, видимо, завезенных вместе с культурными растениями, среди которых *Cannabis ruderális L., Chenopodium hybridum L., Capsella bursa-pastoris (L.) Medik., Consolida regalis S. F. Gray, Papaver rhoeas L., Cardaria draba (L.) Desv.* и др. По времени заноса большинство растений ирано-туранского и средиземноморского флорогенетических элементов относятся к археофитам (34 из 60 и 38 из 66 видов соответственно), т. е. к растениям, занесенным в исследуемую флору до XV века.

Таблица 2

Флорогенетические элементы флоры

Флорогенетический элемент	Число видов	% от числа видов
Средиземноморский	66	26,0
Ирано-туранский	60	23,6
Североамериканский	37	14,6
Восточноазиатский	21	8,3
Сибирский	16	6,3
Западноевропейский	15	5,9
Южноевропейский	11	4,3
Южноамериканский	8	3,0
Кавказский	7	2,8
Южноазиатский	5	2,0
Центральноамериканский	4	1,5
Африканский	2	0,8
Европейский	2	0,8
Всего	**254**	**100**

Значительно участие в адвентивной фракции североамериканских и восточноазиатских видов (14,6 и 8,3 % соответственно), среди которых встречаются инвазионные виды, такие как *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Bidens frondosa*, *Conyza canadensis*, *Cyclachaena xantiifolia*, *Echinocystis lobata* и др.

На долю остальных элементов флоры приходится 27,5 %. В целом, флорогенетический спектр адвентивного компонента флоры транспортных путей Ульяновской области подчеркивает более южное происхождение, что характерно для адвентивного компонента и других регионов [4, 70].

Резюме. Географическая характеристика флоры транспортных путей Ульяновской области подчеркивает сильную антропогенную трансформацию флоры, приводящую к унификации, заселению видами с широким ареалом распространения. Кроме того, некоторые заносные виды, проникая на территорию области по нарушенным местам обитания, ведут себя агрессивно, а попадая в места естественного обитания, меняют состав аборигенной флоры.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алехин, В. В.* География растений / В. В. Алехин. – М. : Учпедгиз, 1950. – 420 с.
2. *Вальтер, Г.* Общая геоботаника / Г. Вальтер. – М. : Мир, 1982. – 261 с.
3. *Гроссгейм, А. А.* Анализ флоры Кавказа / А. А. Гроссгейм. – Баку : Изд-во Азерб. фил. АН СССР, 1936. – 260 с.
4. *Голованов, Я. М.* Адвентивный компонент флоры г. Мелеуза (Республика Башкортостан) / Я. М. Голованов // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья : материалы международной научной конференции. – Ижевск : Удмурт. гос. ун-т, 2012. – С. 70.
5. *Куминова, А. В.* Растительный покров Алтая / А. В. Куминова. – Новосибирск : Наука, 1960. – 450 с.
6. *Малышев, Л. И.* О генезисе высокогорной флоры Центральной Сибири / Л. И. Малышева // Проблемы современной ботаники. – М. ; Л. : Наука, 1965. – Т. 1. – С. 67–69.
7. *Мошкина, С. С.* Адвентивная флора транспортных путей Приволжской возвышенности как индикатор процессов антропогенной трансформации и экологического состояния природной флоры / С. С. Мошкина // Материалы международной научной студенческой конференции. – Новосибирск : Новосиб. гос. ун-т, 2010. – С. 115.
8. *Протопопова, В. В.* Синантропная флора Украины и пути ее развития / В. В. Протопопова. – Киев : Наук. думка, 1991. – 204 с.
9. *Пчелкин, Ю. А.* Ботанико-географический анализ флоры Ульяновской области : автореф. дис. … канд. биол. наук : / Ю. А. Пчелкин. – Саратов, 1974. – 22 с.
10. *Ревушкин, А. С.* Высокогорная флора Алтая / А. С. Ревушкин. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 1988. – 318 с.
11. *Тахтаджян, А. Л.* Флористические области Земли / А. Л. Тахтаджян. – Л. : Наука, 1978. – 248 с.
12. *Толмачев, А. И.* Введение в географию растений / А. И. Толмачев. – Л. : Изд-во ЛГУ, 1974. – 244 с.

УДК 631.1:636.4

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОДОГРЕВА КОРМА В УСТРОЙСТВЕ ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ ПОРОСЯТ

SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF HEATING FODDER IN THE UNIT FOR FEEDING PIGLETS

В. А. Творогов, Е. В. Творогова, О. Г. Карсаков

V. A. Tvorogov, E. V. Tvorogova, O. G. Karsakov

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Для составления программы управления технологическим процессом кормления поросят сверхраннего отъема **о**пределена продолжительность подогрева разовой порции корма для поросят разного возраста.

Abstract. The article substantiates the period of heating a single portion of fodder for piglets of different age. This period is determined for programming technological process of piglets of early weaning.

Ключевые слова: *свиноматка, поросята, сверхранний отъем, молоко, равномерность распределения, оптимизация параметров, емкость-термос, емкость-подогреватель.*

Keywords: *sow, piglet extra early weaning, milk, uniform of dispensation, optimization of parameters, thermos container, heating container.*

Актуальность исследуемой проблемы. Для управления технологическим процессом подготовки и раздачи корма автоматизированной установкой для кормления поросят сверхраннего отъема разрабатывается специальная программа, запускаемая через пульт управления [2], [3]. Для определения временных интервалов включения и выключения электромагнитных клапанов появляется необходимость определения продолжительности протекания подготовительных процессов. В связи с этим актуальной задачей является определение продолжительности подогрева объема корма для разовой выдачи до заданного температурного режима.

Материал и методика исследований. Для выявления продолжительности подогрева корма разовой выдачи в емкости-подогревателе автоматизированной установки для кормления поросят сверхраннего отъема использовались критерии подобия Грасгофа, Нуссельта, Прандля, Фурье.

Результаты исследований и их обсуждение. В устройстве для кормления поросят (рис. 1) сверхраннего отъема потребный суточный объем кормов делится на две заправки и хранится в емкости-термосе 1 при температуре 9…10 °С [2], [3]. Разовая выдача корма автоматически дозируется клапаном-дозатором 12 в емкость-подогреватель 2, который расположен в «водяной бане» 4, и доводится до температуры 40 °С. Для поддержания температурного режима теплоносителя имеется термоэлектронагреватель (ТЭН) 6 и датчик температуры с термореле 11.

В зависимости от возраста поросят объем разового кормления увеличивается и зависит также от количества обслуживаемого поголовья [4].

Процесс подогрева молока в емкости-подогревателе относится к переходным процессам с нестационарной теплопроводностью. Решение задач нестационарной теплопроводности удобно искать в безразмерном виде, так как при этом сокращается количество переменных.

Для одновременного обслуживания автоматизированным устройством (рис. 1) 12 поросят нами оптимизированы параметры емкости-подогревателя (диаметр – d=120 мм, высота – h=106 мм, исходные данные для расчетов сведены в таблицу 1 [4].

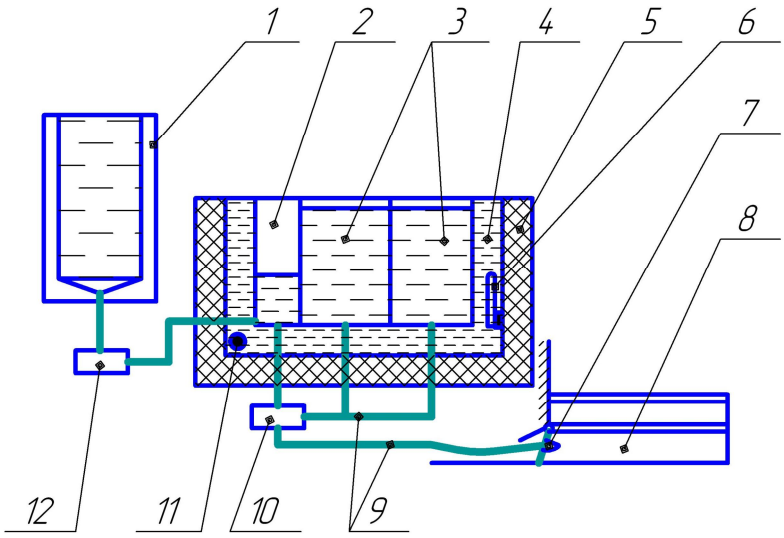


Рис. 1. ***Упрощенная технологическая схема: 1 – емкость-термос для длительного хранения молока; 2 – емкость-подогреватель для разовой выдачи; 3 – емкости для моющего и дезинфицирующего растворов; 4 – «водяная баня»; 5 – кожух из теплоизолирующего материала; 6 – ТЭН; 7 – соски; 8 – загон для поросят; 9 – трубопроводы, арматура; 10 – распределитель; 11 – датчик температуры; 12 – клапан-дозатор***

Таблица 1

Исходные данные для определения продолжительности подогрева корма от нормы кормления поросят раннего отъема

Показатели	**Норма кормления, мл/гол.**					
	15	**25**	**40**	**55**	**75**	**100**
Объем разовой порции корма, мл	180	300	480	660	900	1200
Масса порции при ρ=1032,3 кг/м^3, кг	0,186	0,310	0,496	0,681	0,930	1,24
Количество теплоты, необходимое для нагрева порции от 10 до 40 °С (при c_v=3912 Дж/кг*°С), Дж	21829	36382	58211	79922	109145	145527

Порцию молока, находящегося в емкости-подогревателе, можно представить в виде цилиндра конечной длины 2L, который изменяется в пределах от 16 мм до 106 мм, и радиусом R= 60 мм.

Для расчета температурного поля используем зависимость:

$$\Theta(r,z,\tau) = (t\,(r,z,\tau) - t_ж\,)/(t_o - t_ж) = \Theta_r(r,\tau)*\Theta_z(z,\tau), \quad (1)$$

где $\Theta_r = (t\,(r,\tau) - t_ж\,) / (t_o - t_ж)$ – безразмерная температура бесконечного цилиндра радиусом R; $\Theta_z = (t\,(z,\tau) - t_ж\,) / (t_o - t_ж)$ – безразмерная температура бесконечной пластины толщиной 2L.

Среднюю по объему температуру молока определим по следующей формуле:

$$t\,(r,z,\tau) = (t_o - t_ж)*\Theta(r,z,\tau) + t_ж, \quad (2)$$

где t_o=10 °С – начальная температура молока; $t_ж$= 40 °С – температура омывающей воды. По расчетным данным, теплопроводность молока изменяется от $\lambda_м$=0,4824 Вт/(м*К) при (t_o=10 °С) до $\lambda_м$=0,5510 Вт/(м*К) при (t_o=40 °С). Тогда средняя теплопроводность $\lambda_{мср}$=0,5167 Вт/(м*К). Методом приближений с использованием критериев подобия Грасгофа, Нуссельта, Прандля, Фурье определили коэффициенты теплоотдачи от воды к стенке α_1=1288 Вт/м^{2}К, а от стенки к молоку α_2=866,7 Вт/м^{2}К.

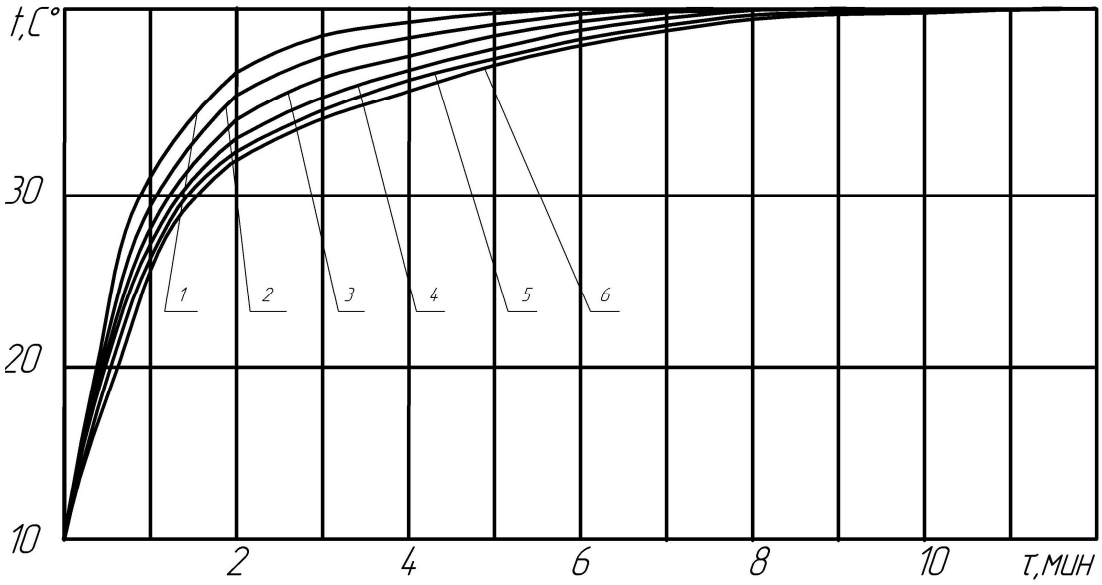


Рис. 2. ***Кривые изменения средней температуры молока по объему при разовой выдаче q, см^3: 1–180, 2–300, 3–480, 4–660, 5–900, 6–1200***

С учетом толщины пластин в интервале времени от 1 до 15 минут процесса теплообмена определили средние по объему безразмерные температуры $\Theta_r(r,\tau)$, а при определении $\Theta_z(z,\tau)$ учитывали, что свободной поверхностью молоко соприкасается с воздухом, высота корма переменная и зависит от объема разовой выдачи корма. Далее определяли обобщенные переменные, такие как число Фурье $Fo = \alpha\tau/R^2$, число Био $Bi_1 = \alpha_1 R/\lambda$, $Bi_2 = \alpha_2 R/\lambda$, и нашли первые два корня характеристического уравнения для каждой дозы кормления. После этого определялись средние по объему безразмерные температуры вдоль координатных осей, а затем определяли среднюю по объему температуру всей порции молока в зависимости от продолжительности процесса. Расчеты проводили до тех пор,

пока средняя по объему температура молока $t(r,z,\tau)$ не достигла 40 °С. Для выполнения расчетов нами разработана программа в среде Exsel. По расчетным данным построены графики изменения температуры молока по всему объему, которые изменяются по логарифмической функции (рис. 2). Расчеты показывают, что при разовом объеме выдачи корма на все поголовье $q=180 см^3$, корм подогревается до температуры 40 °С за $\tau=5$ мин, при $q=300$ $см^3$ – за 6 мин, при $q=480$ $см^3$ – за 7 мин, при $q=660$ $см^3$ – за 9 мин; при $q=900$ $см^3$– за 10 мин; при $q=1200$ $см^3$– за 11 мин.

Для подтверждения расчетных данных нами проведены экспериментальные исследования по изменению температурного режима молока в емкости подогревателе. Опытные данные позволили получить уравнение регрессии в виде:

$$t = 4{,}897 \ln\tau + 8{,}602, \qquad (3)$$

где t – температура молока,ºС; τ – продолжительность процесса нагревания, с.

Сравнительный анализ позволяет сделать вывод о том, что расхождения с расчетными данными находятся в пределах ошибки опыта и не превышают 6 %.

Резюме. Полученные данные использованы при составлении программы автоматического управления технологическим процессом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Драганов, Б. Х.* Теплотехника и применение теплоты в сельском хозяйстве : учебник / Б. Х. Драганов и др. – М. : Агропромиздат, 1990. – 463 с.

2. *Творогова, Е. В.* Экономические предпосылки внедрения технологии сверхраннего отъема поросят / Е. В. Творогова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 159–162.

3. *Творогова, Е. В.* Автоматизированная установка для кормления и выращивания поросят сверхраннего отъема / Е. В. Творогова, Р. Г. Остряков, В. А. Творогов // Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Молодежь и инновации». – Чебоксары : ЧГСХА, 2012. – С. 240–242.

4. *Творогова, Е. В.* К обоснованию доз кормления поросят раннего отъема / Е. В. Творогова, О. Г. Карсаков, В. А. Творогов // Роль молодых ученых в реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК» : материалы конференции. – Чебоксары : Полиграф, 2007. – С. 132–133.

УДК 631.358

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОБОСНОВАНИЮ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ КОРМА В УСТАНОВКЕ ДЛЯ КОРМЛЕНИЯ ПОРОСЯТ

SUBSTANTIATION OF STRUCTURAL AND TECHNOLOGICAL SCHEME AND OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF FODDER DISPENSER FOR FEEDING PIGS

Е. В. Творогова, Р. Г. Остряков, В. А. Творогов

E. V. Tvorogova, R. G. Ostryakov, V. A. Tvorogov

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. Определена наиболее рациональная конструктивно-технологическая схема распределителя типа сообщающихся сосудов и оптимизированы его основные параметры.

Abstract. The article determines the most efficient structural and technological scheme of fodder dispenser with connecting vessels. The general parameters of this dispenser have been optimized.

Ключевые слова: *свиноматка, поросята, сверхранний отъем, молоко, равномерность распределения, оптимизация параметров, распределитель типа сообщающихся сосудов.*

Keywords: *sow, piglet, extra early weaning, milk, uniform of dispensation, optimization of parameters, dispenser with connecting vessels.*

Актуальность исследуемой проблемы. При сверхраннем отъеме поросят появляется необходимость их искусственного выращивания с помощью автоматизированной установки. При этом корм для разовой выдачи распределяется по индивидуальным для каждого поросенка емкостям [2], [4]. Важными являются вопросы равномерности распределения корма по индивидуальным емкостям и качество промывки этих емкостей после каждого кормления. С этой точки зрения обоснование рациональной конструктивно-технологической схемы распределителя и параметров индивидуальных емкостей в автоматизированной установке для кормления поросят сверхраннего отъема является актуальной задачей.

Материал и методика исследований. Для обработки экспериментальных данных использовались элементы математической статистики. Для оптимизации параметров использовались элементы дифференциального исчисления и методы весовых функций.

Результаты исследований и их обсуждение. С точки зрения технологии промывки чем меньше поверхность, соприкасающаяся с кормом, тем меньше затрат на промывку емкости. Из практики известно, что емкость в форме шара имеет минимальную площадь поверхности при максимальном объеме. Но с точки зрения технологии изготовления таких емкостей, а тем более промывки, они представляют определенные трудности. Поэтому нами предлагаются индивидуальные емкости в виде цилиндров.

С ростом поросят доза разовой выдачи увеличивается, а кратность кормления уменьшается. Ранее нами обоснованы нормы и кратность кормления поросят сверхраннего отъема (табл. 1) [3]. В связи с этим определение параметров, при которых площадь поверхности индивидуальных емкостей, соприкасающаяся с кормом при разных дозах кормления, будет минимальной, представляет определенный интерес.

Таблица 1

Исходные данные для оптимизации параметров распределителя

Доза кормления поросенка в разные периоды, V_i, см^3/голов	**Количество дней кормления данной дозой, N_i, сут.**	**Количество кормлений в сутки, K_i, раз**
15	3	24
25	4	20
40	5	16
55	6	12
75	7	8
100	5	4

Для этого нами предлагается следующая методика. Площадь боковой поверхности емкости S, см^2 определяем из выражения:

$$S = \pi * r^2 + 2 \pi * r * h, \quad (1)$$

где r – радиус емкости, см; h – высота емкости, см.

Выразим высоту емкости через объем:

$$h = V / (\pi * r^2). \quad (2)$$

Подставляя формулу (2) в выражение (1), получим:

$$S = \pi * r^2 + 2 V / r. \quad)$$

Продифференцируем выражение (3) по dr, и получим:

$$dS / dr = 2\pi r – 2 * V / r^2. \quad (4)$$

Приравнивая выражение (4) к нулю, находим значение r:

$$r = \sqrt[3]{\frac{V}{\pi}}. \quad (5)$$

Для каждой дозы кормления находим из зависимости (5) оптимальный радиус, при котором удовлетворяется минимальность площади соприкосновения с кормом.

Далее определяем высоту емкости для каждой дозы из уравнения (2) и площадь боковой поверхности, соприкасающейся с кормом, из уравнения (1) для всех полученных при расчетах оптимальных радиусов.

Определяем разницу площади поверхности от минимальной S_{min}, полученной при оптимальном радиусе для каждой дозы, и S_i, полученной при других радиусах $\Delta S = S_i – S_{min}$.

Так как кратность и количество дней кормления разные для разных доз, то для полноты картины полученное значения ΔS сведем к весовой функции – приведенной средней величине за весь цикл кормления $\Delta S_{пр}$ при разных размерах емкости:

$$\Delta Sпр = \frac{\sum \Delta S * ki * Ni}{\sum ki * Ni}, \quad (6)$$

где ΔS – текущее отклонение от минимума площади, см^2; N_i – количество дней кормления данной дозой, сутки; k_i – кратность кормления данной дозой в сутки, раз.

Для ускорения процесса расчета нами разработана программа в Excel и получены результаты в виде графика на рис. 1. Из графика видно, что наиболее рациональным радиусом индивидуальных емкостей в виде цилиндра при кормлении заданными дозами является радиус 26 мм, при этом высоту емкости с учетом технологического припуска можно принять равной 47 мм.

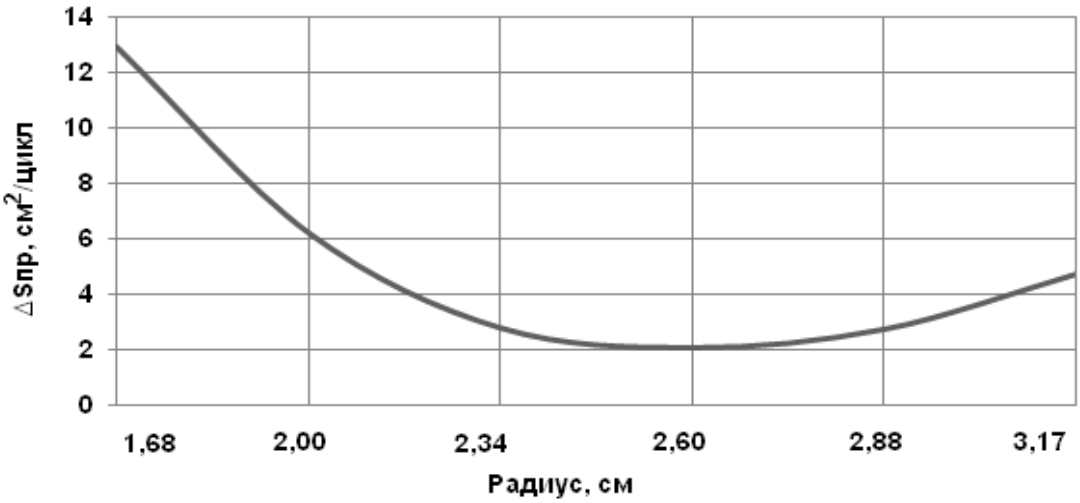


Рис. 1. ***График изменения приведенных отклонений от минимальной площади $\Delta S_{пр}$ в зависимости от радиуса индивидуальных емкостей***

Для выбора рациональной конструктивно-технологической схемы распределителя нами создана лабораторная установка и проведены экспериментальные исследования в лаборатории кафедры «Механизация животноводства, безопасность жизнедеятельности» Чувашской ГСХА (рис. 2). Для исследований разработаны три варианта распределителя: 1) линейно-трубчатый; 2) радиально-кольцевой (по А. с. № 1777738 [1]); 3) типа сообщающихся сосудов.

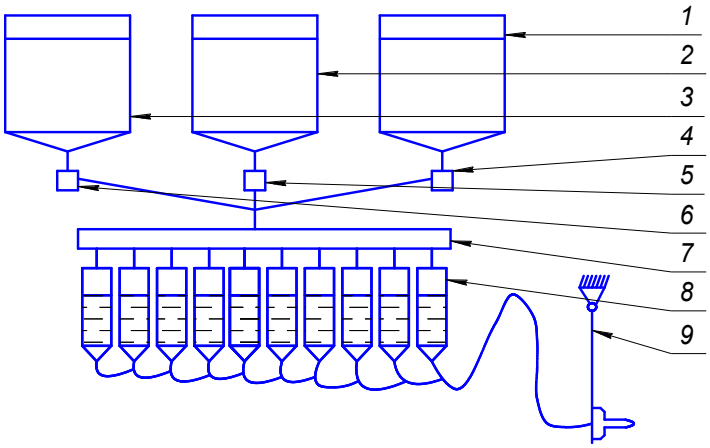


Рис. 2. ***Принципиальная схема лабораторной установки:***
1, 2, 3 – емкости соответственно для молока, моющей жидкости, воды;
4, 5, 6 – электромагнитные клапаны; 7 – распределитель; 8 – промежуточные емкости;
9 – подвижная рамка с сосками

Для сравнительного анализа продолжительность открытия электромагнитного клапана 4 (рис. 2) во всех опытах была принята t=20 секунд. Для изучения вопроса влияния высоты напора корма на равномерность дозирования по промежуточным емкостям опыты проводились на разных фиксированных высотах напора от 50 до 250 мм в емкости 1 (рис. 2). Высота расположения распределителей во всех опытах не менялась.

Для достоверности результатов исследований количество опытов при заданной высоте напора приняли величиной постоянной и равной 30.

По завершению эксперимента произвели математическую обработку массивов данных с использованием элементов математической статистики и построили графики распределения объема корма в зависимости от высоты напора и изменения коэффициента вариации процесса распределения, которые представлены на рис. 3.

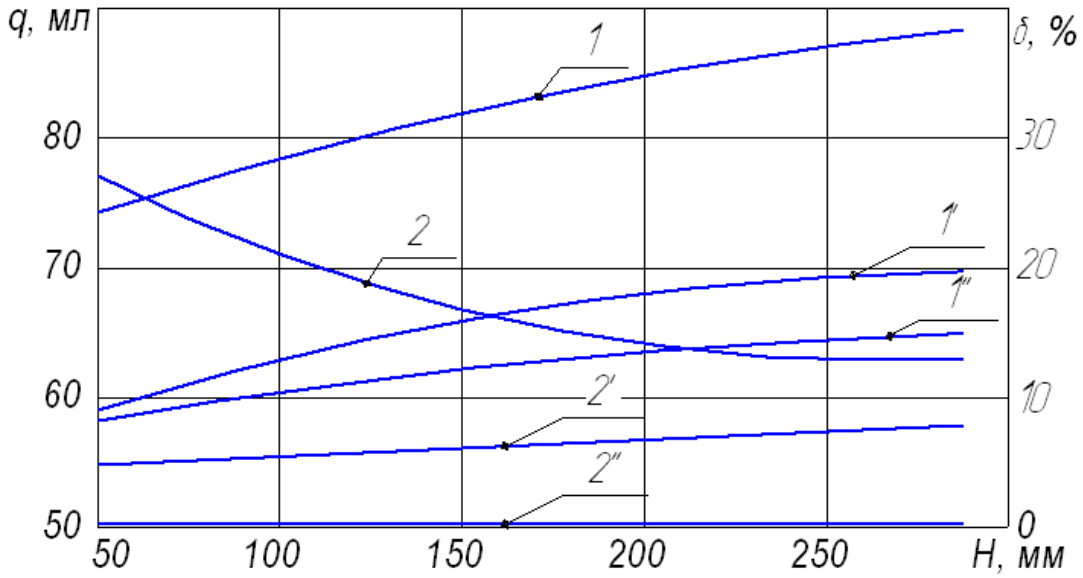


Рис. 3. ***Графики изменения объемов распределения молока по промежуточным емкостям в зависимости от высоты напора 1 –g=f(H) и изменения коэффициента вариации в зависимости от высоты напора 2–σ=f(H) соответственно: 1 и 2 – в линейно-трубчатом распределителе; 1' и 2' – в радиально-кольцевом распределителе; 1" и 2" – в распределителе типа сообщающихся сосудов***

Анализ графиков показывает, что количество корма, выдаваемого за определенный промежуток времени, напрямую зависит от высоты напора. При составлении программы управления технологическим процессом дозирования корма с целью выравнивания объема разовой выдачи мы должны учитывать коэффициент изменения объема дозируемого корма при изменяющейся высоте напора.

Определенный интерес представляют графики изменения δ=f(H). В частности, при дозировании корма линейно-трубчатым распределителем и распределителем типа сообщающихся сосудов с увеличением высоты напора коэффициент вариации уменьшается, а при дозировании радиально-кольцевым распределителем этот показатель, наоборот, увеличивается. Данное явление объясняется особенностями конструкции распределителей. При дозировании корма радиально-кольцевым распределителем происходит турбу-

лизация молока в распределительной камере. Чем выше напор корма, тем выше скорость его истечения, соответственно и процесса турбулизации, что вызывает такую картину распределения.

По результатам исследований наиболее приемлемыми распределителями по зоотехническим требованиям являются распределитель радиально-кольцевой и распределитель типа сообщающихся сосудов, у которых максимальный коэффициент вариации составляет соответственно 8,0 и 0,6 %. Практика показала, что калиброванные отверстия радиально-кольцевого распределителя в процессе эксплуатации покрываются налетом, и точность дозирования несколько ухудшается. Поэтому для дальнейших разработок мы выбираем распределитель типа сообщающихся сосудов.

Резюме. Проведенные исследования позволили подобрать рациональную конструктивно-технологическую схему распределителя корма и оптимизировать его основные параметры. Приведенная методика оптимизации и полученные данные могут использоваться при проектировании такого типа распределителей корма.

ЛИТЕРАТУРА

1. *А. с.* 1777738 СССР, МКИ А01К5/00. Устройство для кормления животных / В. А. Творогов, Г. М. Обухан ; опубл. в 1992, Бюл. № 44.

2. *Творогова, Е. В.* Автоматизированная установка для кормления и выращивания поросят сверхраннего отъема / Е. В. Творогова, Р. Г. Остряков, В. А. Творогов // Материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов «Молодежь и инновации». – Чебоксары : ЧГСХА, 2012. – С. 240–242.

3. *Творогова, Е. В.* К обоснованию доз кормления поросят раннего отъема / Е. В. Творогова, О. Г. Карсаков, В. А. Творогов // Роль молодых ученых в реализации приоритетного национального проекта «Развитие АПК» : материалы конференции. – Чебоксары: Полиграф, 2007. – С. 132–133.

4. *Творогова, Е. В.* Экономические предпосылки внедрения технологии сверхраннего отъема поросят / Е. В. Творогова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 159–162.

УДК 664.002

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ КРОВИ УБОЙНЫХ ЖИВОТНЫХ

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF HEAT TREATMENT UNIT FOR BLOOD OF BUTCHER'S BEASTS

Н. Т. Уездный, М. В. Белова, Г. В. Новикова

N. T. Uezdny, M. V. Belova, G. V. Novikova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье предложена методика согласования конструктивно-технологических параметров установки для варки крови убойных животных с применением энергии электромагнитных излучений разных длин волн с режимами ее работы.

Abstract. The article suggests the algorithm of coordination of constructive and technological parameters for the heat treatment unit for the blood of butcher's beasts with the use of the energy of electromagnetic radiations of waves of different length.

Ключевые слова: *алгоритм, термообработка, кровь убойных животных, электромагнитные излучения разных длин волн.*

Keywords: *algorithm, heat treatment, blood of butcher's beasts, electromagnetic radiations of waves of different length.*

Актуальность исследуемой проблемы. На предприятиях мясной промышленности осуществляют убой сельскохозяйственных животных и производят из продуктов убоя пищевую и кормовую продукцию. Используемое сырье – кровь – лабильно ко многим внешним факторам, в том числе к микробиальному загрязнению. Основными требованиями, предъявляемыми к технологиям переработки крови убойных животных, являются безотходность и обязательное выполнение санитарно-ветеринарных предписаний и норм. Разработка технических средств переработки крови возможна на базе исследований его свойств и их трансформации в процессе обработки, допустимых режимов энергетических воздействий. Традиционные процессы переработки крови убойных животных энергоемки, связаны с потреблением большого количества электроэнергии, пара и воды.

В связи с этим создание современного высокоэффективного оборудования для термообработки крови убойных животных является одной из актуальных задач в мясной промышленности.

Большой вклад в разработку механизированных способов термообработки крови убойных животных на протяжении последних 20 лет внесли работы известных ученых: В. И. Ивашова, А. И. Бредихина, А. И. Пелеева, В. М. Горбатова, И. А. Рогова, М. Л. Файвишевского и др. Несмотря на наличие различных подходов к способам и средствам термообработки крови убойных животных, в работах вышеназванных ученых недостаточное внимание уделено изучению влияния многих технологических факторов на качество получаемого продукта. Анализ исследований, выполненных многими авторами, позволяет

выделить три основные технологические операции, требующие механизации и дальнейшего совершенствования: термообработку сырья в поточном режиме при сочетании СВЧ- и ИК-энергоподводов, измельчение вареной крови убойных животных, упаковку и замораживание продукта.

Материал и методика исследований. Источниками СВЧ-энергии служили генераторы разных марок с полезной мощностью до 800 Вт, а ИК-излучений – лампы BLY195-405. Частоту вращения привода ротора контролировали с помощью фототахометра Digital Tachometer ДТ–2234А. Регулирование частоты вращения привода ротора осуществляли с помощью преобразователя частоты марки CIMP-F7Z42P2. Мощность потока электромагнитных излучений около установки измеряли с помощью прибора ПЗ-33. Измерение температуры в продукте осуществляли с помощью цифрового контролера E5CN, а исследование распределения теплового потока по поверхности продукта – с помощью тепловизора FLIR i3 [1], [5].

Результаты исследований и их обсуждение. Разработана установка для термообработки крови убойных животных с использованием электромагнитного поля сверхвысокой частоты и инфракрасного нагрева в поточном режиме (рис. 1). Транспортирование сырья осуществляется в термостойких диэлектрических контейнерах, расположенных под углом в цилиндрических передвижных объемных резонаторах СВЧ-генератора. Рабочая камера расположена в экранирующем корпусе. Сырье с помощью насоса подается в передвижные резонаторные камеры дозированно за счет специального датчика положения камер и редукционного клапана [2], [3], [4].

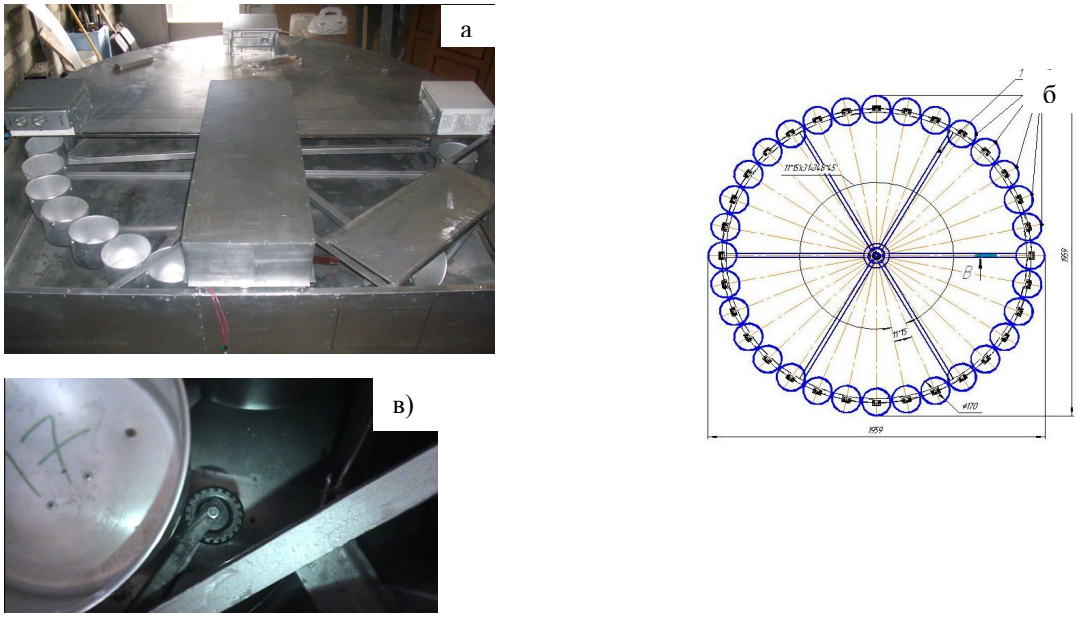


Рис. 1. ***Расположение резонаторных камер на грузонесущем роторе (а) и его схематическое изображение (б), датчик положения (в)***

Разработанная методика механизированной термообработки крови убойных животных предусматривает варку сырья за счет многократного циклического воздействия электромагнитных излучений разных длин волн.

Для согласования конструктивно-технологических параметров установки с режимами ее работы разработана методика (табл. 1) в соответствии со следующими исходными данными:

– диаметр ротора D (R=1 м);

– диаметр резонаторной камеры d (15,32 см);

– размеры ИК-ламп $l_{ИК}$ (20 см);

– начальная температура сырья $T_{нач.}$(15 °С);

– конечная температура продукта $T_{кон}$(78…80 °С);

– количество резонаторных камер на роторе N (32 шт.);

– производительность установки Q (40…60 кг/ч);

– общая продолжительность обработки $\tau_{общ}$ (продолжительность одного оборота ротора равна 288 с);

– масса загрузки сырья в резонаторную камеру $G_{р.к}$ (150 г);

– количество источников энергоподвода N (3 лампы ИК-излучения, 3 СВЧ-генератора);

– удельная мощность СВЧ-генератора $P_{уд}$ (5,33 Вт/г);

– приращение температуры при воздействии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) $\Delta T_{СВЧ}$ (40 °С);

– приращение температуры при воздействии ИК-излучения $\Delta T_{ИК}$(23…25 °С);

– продолжительность нагрева для достижения приращения температуры $\Delta T_{СВЧ}$ тремя генераторами (1 мин);

– продолжительность нагрева для достижения приращения температуры $\Delta T_{СВЧ}$ одним генератором (20 с);

– общая продолжительность паузы $\tau_{пауза}$ (150 с);

– продолжительность загрузки сырья $\tau_{загрузка}$ (9 с) и выгрузки продукта $\tau_{выгрузка}$ (9 с).

Таблица 1

Методика согласования конструктивно-технологических параметров установки с режимами ее работы [3]

Задаем конструктивные параметры ротора-конвейера: диаметр, ширину грузонесущей платформы – для определения длины конвейера $(L = 2 \cdot \pi \cdot R)$
Определяем конструктивные размеры резонаторной камеры по добротности и напряженности электрического поля ($d_{р.к}$, $h_{р.к}$) и их количество N в зависимости от длины окружности ротора
Задаем производительность установки с учетом заданной мощности источников энергии и их количества ($Q = G_{общ}/\tau_{общ}$), $G_{общ} = G_{р.к} \cdot N$ – общая масса загрузки
Экспериментально определяем необходимое приращение температуры при СВЧ- ($\Delta T_{свч}$) и ИК- ($\Delta T_{ик}$) воздействии, зная общее приращение температуры для варки крови – 78…80 °С
Экспериментально определяем продолжительность воздействия ЭМП СВЧ ($\tau_{свч}$) при соответствующей удельной мощности генератора $P_{уд}$ (5,33 Вт/г) с учетом приращения температуры 40 °С
Вычисляем массу загрузки сырья в одну резонаторную камеру при заданной удельной мощности генератора $G_{р.к}$
Определяем общую продолжительность обработки крови $(\tau_{общ} = \tau_{свч} + \tau_{ик} + \tau_{пауза} + \tau_{выгрузка} + \tau_{загрузка})$
Вычисляем продолжительность ИК-излучений как разность из общей продолжительности обработки, с учетом продолжительности паузы между источниками $(\tau_{пауза})$, выгрузки $(\tau_{выгрузка})$ и загрузки сырья $(\tau_{загрузка})$
Согласовываем общую продолжительность обработки сырья $(\tau_{общ})$ с угловой (ω) и линейной (υ) скоростью ротора

Общая продолжительность обработки складывается из следующих слагаемых:

$$\tau_{общ} = \tau_{свч} + \tau_{ик} + \tau_{пауза} + \tau_{выгрузка} + \tau_{загрузка}$$
$$\tau_{общ} = 60 + 60 + 150 + 9 + 9 = 288 \text{ с.} = 4{,}8 \text{ мин.}$$

Линейная скорость ротора вычисляется по формуле $\upsilon = \omega \cdot R$, м/с, где ω – угловая скорость привода ротора, 1/с ($n = 1/4{,}8 = 0{,}21$ об/мин, $\omega = 0{,}022\ \rho^{-1}$):

$$\upsilon = \omega \cdot R = 0{,}022 \cdot 1 = 0{,}022 \text{ м/с.}$$

Скорость передвижения резонаторных камер через длину окружности ротора равна $\upsilon_{р.к} = 6{,}28/288 = 0{,}022$ м/с.

В результате апробирования установки в производственных условиях выявлено следующее: снижение удельных энергетических затрат на термообработку крови убойных животных с 0,2 до 0,16 кВт·ч/кг; улучшение качества вареной крови на 9 баллов; снижение бактериальной обсемененности продукта с $4{,}4 \cdot 10^6$ КОЕ (колонообразующая единица)/см^3 до 10 000 КОЕ/см^3; увеличение срока хранения продукта в потребительской таре с 2 до 5 суток при температуре не выше 3…5 °С.

Резюме. Согласованы нагруженная добротность (400) и объем резонаторной камеры (2,5 л), обеспечивающие эффективную величину напряженности электрического поля (600 В/см) в сырье при термообработке до 78…80 °С для снижения бактериальной обсемененности в продукте на два порядка.

Установлено, что эффективными режимами термообработки крови убойных животных в установке производительностью 40…50 кг/ч являются удельная мощность 5,33 Вт/г, общая продолжительность процесса варки 288 с.

Выявлено, что ротор диаметром 2 м, транспортирующий 32 цилиндрических объемных резонатора внутренним диаметром 0,153 м, обеспечивает производительность установки 40…50 кг/ч при скорости передвижения (0,021) м/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белова, М. В.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Д. В. Поручиков, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.

2. *Белова, М. В.* Установка для термообработки крови сельскохозяйственных животных / М. В. Белова, Б. Г. Зиганшин, Н. Т. Уездный // Вестник Казанского государственного университета. – 2013. – № 3 (29). – С. 53–56.

3. *Лукина, Д. В.* Алгоритм согласования параметров и режимов работы СВЧ-активатора хлебопекарных дрожжей / Д. В. Лукина, Г. В. Новикова // Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства»: Мосоловские чтения. Вып. XV. – Йошкар-Ола : Марийский гос. ун-т, 2013. – С. 121–123.

4. *Науменко, О. В.* Обоснование применения СВЧ-индукционной установки для выпечки творожных изделий / О. В. Науменко, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева. – 2012. – № 2 (74). Ч. 1. – С. 112–115.

5. *Новикова, Г. В.* Обоснование пропускной способности рабочей камеры установки для термообработки фарша / Г. В. Новикова, Т. М. Григорьева, Д. В. Поручиков // Знания молодых: наука, практика и инновации : сборник научных трудов международной научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и соискателей : в 2 ч. Ч. 2. Технические и экономические науки. – Киров : Вятская ГСХА, 2013. – С. 19–22.

УДК 637.02я73

УСТАНОВКА ДЛЯ ТЕРМООБРАБОТКИ КОЛБАСНЫХ ИЗДЕЛИЙ В ПОТОЧНОМ РЕЖИМЕ

HEAT TREATMENT UNIT FOR SAUSAGES IN FLOW-LINE PRODUCTION

А. Н. Федорова, Г. В. Новикова

A. N. Fedorova, G. V. Novikova

ФГБОУ ВПО «Чувашская государственная сельскохозяйственная академия», г. Чебоксары

Аннотация. В статье представлено описание установки для варки колбасных изделий малого диаметра с использованием СВЧ-энергоподвода.

Abstract. This article describes the heat treatment unit for cooking sausages of small diameter using the microwave energy supply.

Ключевые слова: *сверхвысокочастотная установка, сосиски и сардельки, резонаторная камера, транспортирующий механизм, замедляющая система.*

Keywords: *microwave unit, wieners and small sausages, resonating chamber, transfer mechanism, slowing system.*

Актуальность исследуемой проблемы. Объем производства колбасных изделий в Российской Федерации составляет 2,4 млн тонн в год, из которых 550 тыс. тонн приходится на сосиски и сардельки. По Чувашской Республике эти показатели равны соответственно 10 тыс. тонн и 2300 тонн в год. По оценкам аналитиков, совокупное потребление колбасных изделий в расчете на одного жителя России составляет 15,5 кг в год. Максимальные энергетические затраты при производстве колбасных изделий приходятся на термообработку [2]. В связи с этим поиск энергосберегающей технологии варки колбасных изделий, в том числе сарделек и сосисок, является актуальной задачей.

Материал и методика исследований. Источниками СВЧ-энергии служили генератор Rolsen MS 1770 ME (полезная мощность 700 Вт, потребляемая – 1150 Вт). Контроль мощности привода рабочей камеры осуществляли с помощью цифрового измерителя мощности D2436AB и УМТК – V3.1.1. Мощность потока электромагнитных излучений около установки измеряли с помощью прибора ПЗ-41М. Измерение температуры в продукте осуществляли с помощью цифрового контролера E5CN (термопара), а исследование распределения теплового потока по поверхности продукта – с помощью тепловизора FLIR B365.

Результаты исследований и их обсуждение. Известно, что для материалов круглого поперечного сечения, диаметр которых соизмерим с рабочей длиной волны λ (более 0,1· λ = 0,1 ·12,24 = 1,224 см), особенно если диэлектрическая проницаемость материала велика, возникает проблема неравномерности нагрева материала. Нагрев по сечению продукта может быть крайне неравномерным. Если не добиться равномерности выделения тепла по сечению, то выравнивание температуры будет происходить за счет теплопроводности, и тогда, чтобы не перегреть области с сильным электрическим полем, приходится снижать мощность СВЧ-генератора и продлить продолжительность воздействия. В результате преимущества эндогенного нагрева сводятся к минимуму.

С целью обеспечения равномерного распределения теплового потока по поперечному сечению колбасных изделий необходимо подобрать соответствующие геометрические размеры резонаторной камеры и определиться с ее конфигурацией. Поэтому нами проектируется замедляющая система в виде последовательно расположенных и связанных цепочкой колец из неферромагнитного материала. При этом экранирующим корпусом служит сама резонаторная камера микроволновой печи. Такое конструктивное исполнение связанных колец аналогично диафрагмированному волноводу, поэтому выполняет функцию замедляющей системы для обеспечения требуемого значения отклонения приращения температуры по сечению колбасных изделий. При этом электродинамическая система обеспечивает заданные параметры электромагнитного поля, т. е. необходимую мощность и структуру электромагнитного поля. Выполняются все требования к ведению технологического процесса термообработки колбасных изделий, т. е. к реализации необходимых температурных и влажностных режимов, давления. Такое конструктивное исполнение электродинамической системы, включающей магнетрон, резонаторную камеру, внутри которой имеется замедляющая система, позволяет достичь равномерного распределения теплового потока по всему сечению колбасных изделий. Электродинамическая система также содержит входные и выходные устройства (запредельные волноводы), исключающие излучение электромагнитного поля из установки в окружающее пространство при загрузке и выгрузке продукта из рабочей камеры. Эти устройства имеют такие размеры, чтобы не пропустить электромагнитную волну длиной 12,24 см, т. е. если длина волны больше критической длины волны, то волна не войдет в запредельный волновод. Критическая длина волны обуславливается поперечными размерами запредельного волновода и диэлектрическими свойствами продукта, заполняющего волновод. Такое исполнение рабочего органа обеспечивает более «мягкий» нагрев колбасных изделий. Длина рабочей замедляющей системы выбрана такой, чтобы встречаемые волны при заполнении центральной части замедляющей системы фаршем, т. е. диэлектриком с большими потерями, затухали немного дальше середины замедляющей системы. Диаметр колец выбирают таким, чтобы в пределах этого отрезка не было высших типов волн, а могла распространяться только волна типа ТЕМ. Согласование резонаторной камеры прямоугольного сечения (микроволновой печи) с замедляющей системой осуществляется экспериментально, путем подбора диаметра колец, расстояния между ними и их количества.

Существуют разные замедляющие системы, имеющие свои особенности и недостатки, например, типа «диафрагмированный волновод» – сложно по конструкции. Нами предлагается применить в качестве замедляющей системы цепочку связанных между собой и резонаторной камерой колец из неферромагнитного материала.

Когда известен диаметр продукта (сосисок) $2r_o$ и его диэлектрическая проницаемость ε_1, рабочая длина волны λ и замедление m, при котором имеет место равномерное распределение тепловых источников по поперечному сечению, и тип замедляющей системы, необходимо так подобрать ее геометрические размеры, чтобы, кроме требуемого значения m (т. е. β), дисперсия вблизи рабочей длины волны была как можно меньше [4].

Распределение тепла по сечению продукта получается очень неравномерным: вблизи оси – максимум нагрева, а затем, с увеличением радиуса, – все более быстрый спад, почти до нуля, причем спад тем более быстрый, чем больше диэлектрическая проницаемость (зависящая от влажности фарша). Теоретический анализ показывает, что мощность, генерируемая в продукте в зависимости от волнового числа и постоянной распространения волны вдоль продольной оси в объеме продукта, изменяется волнообразно [1], [4].

С учетом этих особенностей нами для термообработки сарделек и сосисок разработана установка с использованием энергии электромагнитного поля сверхвысокой частоты (рис. 1, 2). Установка для термообработки колбасных изделий содержит объемные резонаторы СВЧ-генератора, через каждый из которых проложен радиопрозрачный трубопровод. Он расположен в горизонтальной плоскости, и на него надеты кольца из ферромагнитного материала шириной больше, чем расстояние между кольцами. Между объемными резонаторами на радиопрозрачный трубопровод намотан водопроводный шланг и надет экранирующий трубопровод, при этом начало радиопрозрачного трубопровода соединено с входным патрубком, а за последним объемным резонатором установлены запредельный волновод и транспортирующий механизм [3].

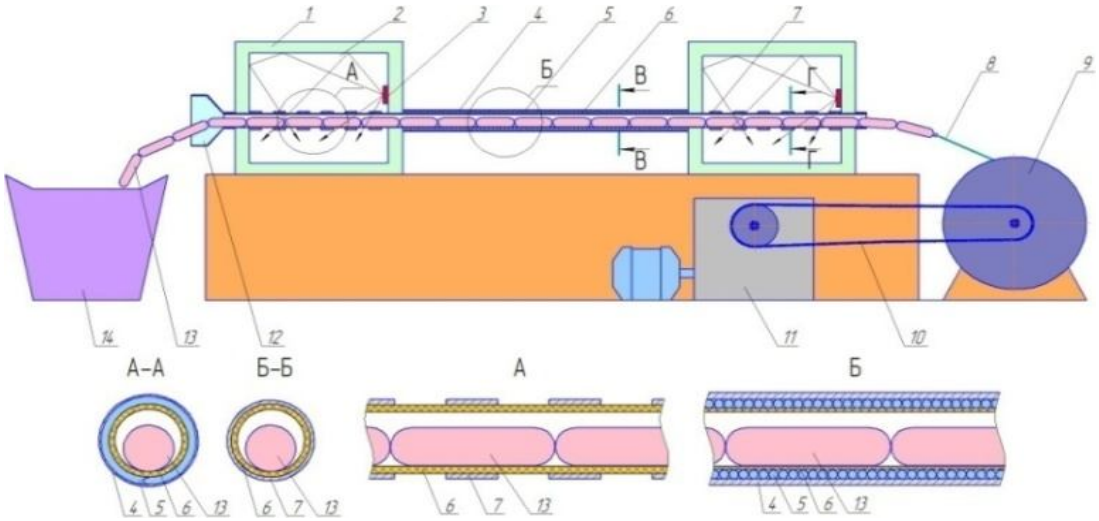


Рис. 1. ***Общий вид СВЧ-установки для варки сосисок и сарделек: 1 – СВЧ-генераторы; 2 – резонаторные камеры; 3 – излучатель от магнетрона; 4 – экранирующий трубопровод; 5 – гибкий водопроводный шланг; 6 – радиопрозрачный трубопровод; 7 – экранирующие кольца; 8 – диэлектрическая нить для направления сырья; 9 – барабан; 10 – цепная передача; 11 – мотор-редуктор; 12 – направляющий патрубок; 13 – сырье (сардельки); 14 – тара для сырья***

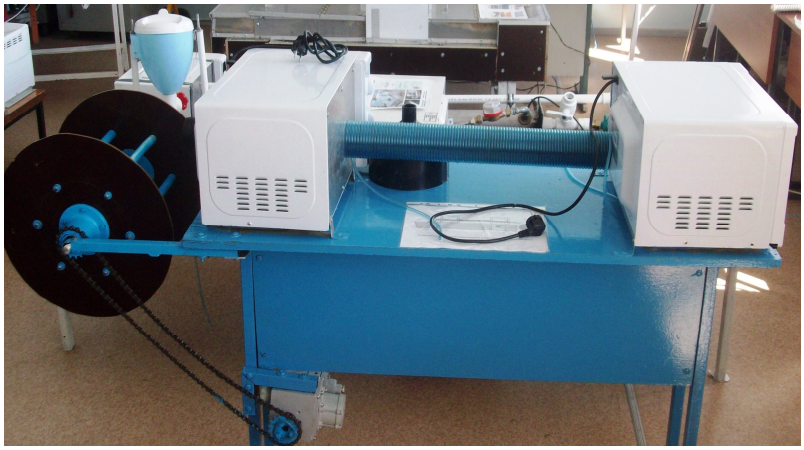


Рис. 2. ***Лабораторный образец установки для термообработки сосисок и сарделек***

Процесс варки сырья происходит следующим образом. Продукт попадает через направляющий патрубок 12 в радиопрозрачный трубопровод 6. По мере передвижения через него продукт 13 нагревается в циклическом режиме. Такой режим осуществляется из-за имеющихся на поверхности радиопрозрачной трубы 6 колец 7, выполняющих функцию замедляющей системы, а также за счет имеющейся охлаждающей системы между резонаторными камерами 2. Ширина колец 7 равна четверти длины волны (3,06 см), а расстояние между ними чуть меньше их ширины.

Такое расположение экранных колец 7 обеспечивает скважность (отношение продолжительности эндогенного нагрева к сумме продолжительностей нагрева и паузы) процесса больше 0,5. При такой скважности исключается разрыв оболочки сарделек, т. е. во время паузы (продукт находится под экранирующими кольцами) происходит выравнивание давления, температуры по всему сечению продукта, нагретого за счет электромагнитного поля сверхвысокой частоты. Готовые изделия транспортируются специальным механизмом. Скорость нагрева сырья в первой резонаторной камере 2 гораздо выше, чем во второй. Между резонаторными камерами 2 продукт 13 охлаждается, так как в этом промежутке за счет охлаждающей жидкости, протекающей через гибкий водопроводный шланг 5, охлаждается трубопровод 6, и внутри оболочки сарделек происходит выравнивание давления и температуры по сечению продукта. Во второй резонаторной камере 2 сосиски 13 повторно нагреваются, и сваренный продукт транспортируется за пределы установки. Скорость варки сырья зависит от дозы воздействия, т. е мощности СВЧ-генераторов и продолжительности пребывания сырья в рабочей камере.

Резюме. Вышеописанная технология для термообработки сосисок и сарделек из мякотных субпродуктов рациональна из-за того, что при температуре 76…80 °С внутри продукта происходит полное уничтожение бактериальной обсемененности и улучшается качество изделия (нет нарушений оболочки). Установка обеспечивает производительность 15…20 кг/ч при потребляемой мощности 2,7 кВт [6], а энергетические затраты составляют 0,14…0,18 кВт·ч/кг [5], что гораздо ниже, чем при использовании традиционных термокамер, например, КТОМИ – 300.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Белова, М. А.* Технологическое оборудование для термообработки сельскохозяйственного сырья / М. В. Белова, Г. А. Александрова, Д. В. Поручиков, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 12–15.

2. *Ивашов, В. И.* Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. Часть 1. Оборудование для убоя и первичной обработки / В. И. Ивашов. – М. : Колос, 2001. – 552 с.

3. *Новикова, Г. В.* Установка для варки мясного фарша / Г. В. Новикова, Т. М. Григорьева. – Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – № 12. – С. 30–31.

4. *Пчельников, Ю. Н.* Электроника сверхвысоких частот / Ю. Н. Пчельников, В. Т. Свиридов. – М. : Радио и связь, 1981. – 96 с.

5. *Уездный, Н. Т.* Технология выпечки хлебобулочных изделий диэлектрическим нагревом / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 163–166.

6. *Уездный, Н. Т.* Экономическая эффективность применения СВЧ-установки для выпечки хлебобулочных изделий / Н. Т. Уездный, И. Г. Ершова, О. В. Науменко, Г. В. Новикова // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2013. – № 2 (78). – С. 167–170.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Авруйская Анжелика Анатольевна – аспирант кафедры химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Avruyskaya, Anzhelika Anatolyevna – Post-graduate Student, Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Александрова Галина Александровна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории бионанотехнологий Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Aleksandrova, Galina Aleksandrovna – Post-graduate Student, Department of Electrical Equipment and Mechanization of Processing, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Алексеев Виктор Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры математических и инструментальных методов экономики Чебоксарского кооперативного института (филиала) Российского университета кооперации, г. Чебоксары

Alekseev, Victor Vasilyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mathematical and Instrumental Methods in Economics, Cheboksary Cooperative Institute (branch) of the Russian University of Cooperation, Cheboksary

Алексеев Владислав Вениаминович – доктор биологических наук, декан факультета естествознания и дизайна среды Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Alekseev, Vladislav Veniaminovich – Doctor of Biology, Dean of the Faculty of Natural Science and Design of Environment, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Алексеев Евгений Петрович – ассистент кафедры эксплуатации сельскохозяйственной техники Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Alekseev, Evgeny Petrovich – Assistant, Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Андриянова Юлия Александровна – аспирант кафедры конструкторско-технологических инноваций Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, г. Санкт-Петербург

Andriyanova, Yulia Aleksandrovna – Post-graduate Student, Department of Design and Technological Innovations, St. Petersburg State Polytechnical University, St. Petersburg

Арестова Инесса Юрьевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры биоэкологии и географии Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Arestova, Inessa Yuryevna – Candidate of Biology, Associate Professor, Department of Ecology and Geography, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Бакшаева Наталия Витальевна – кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Bakshaeva, Natalia Vitalyevna – Candidate of Pedagogics, Associate Professor, Department of Computer Science and Computer Engineering, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Белов Александр Анатольевич – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Belov, Aleksandr Anatolyevich – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Белова Марьяна Валентиновна – кандидат технических наук, докторант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Belova, Maryana Valentinovna – Candidate of Technical Sciences, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Васильев Алексей Анатольевич – заместитель заведующего кафедрой технического обслуживания, организации перевозок и управления на транспорте Нижегородского государственного инженерно-экономического института, Нижегородская область, г. Княгинино

Vasilyev, Aleksey Anatolyevich – Deputy Head of the Department of Maintenance, Transportation and Transport Management, Nizhny Novgorod State Engineering and Economic Institute, Knyaginino

Васильев Сергей Анатольевич – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобилей, тракторов и автомобильного хозяйства Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Vasilyev, Sergey Anatolyevich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Motor Vehicles, Tractors and Vehicle Fleet, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Ваткина Марина Анатольевна – инженер-конструктор 1 категории отдела перспективных разработок Научно-производственного предприятия «ЭКРА», г. Чебоксары

Vatkina, Marina Anatolyevna – Design Engineer of the First Category, Departament of Advanced Development, Scientific Industrial Enterprise «EKRA», Cheboksary

Вязова Людмила Марковна – аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Vyazova, Lyudmila Markovna – Post-graduate Student, Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Григорьев Анатолий Алексеевич – инженер-программист кафедры общей и теоретической физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Grigoryev, Anatoly Alekseevich – Engineer, Departament of General and Theoretical Physics, I. YakovlevChuvashState Pedagogical University, Cheboksary

Гузь Марина Павловна – аспирант кафедры алгебры и геометрии Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Guz, Marina Pavlovna – Post-graduate Student, Department of Algebra and Geometry, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Димитриев Алексей Димитриевич – доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии продуктов общественного питания Чебоксарского кооперативного института (филиала) Российского университета кооперации, г. Чебоксары

Dimitriev, Aleksey Dimitrievich – Doctor of Biology, Professor, Head of the Department of Technology of Catering Products, Cheboksary Cooperative Institute (branch) of the Russian University of Cooperation, Cheboksary

Димитриев Дмитрий Алексеевич – доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой анатомии, физиологии и гигиены человека Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Dimitriev, Dmitry Alekseevich – Doctor of Medicine, Professor, Head of the Department of Anatomy, Physiology and Hygiene of the Human, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Дмитриев Сергей Юрьевич – старший преподаватель кафедры автомобилей, тракторов и автомобильного хозяйства Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Dmitriev, Sergey Yurʹevich – oldest teacher department «Automobiles, tractors and automobile farming» FGBOU VPO «Chuvash state agricultural academ

Дмитриева Ольга Николаевна – аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Dmitrieva, Olga Nikolaevna – Post-graduate Student, Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Долгов Георгий Леонидович – аспирант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйсвенной академии, г. Чебоксары

Dolgov, Georgy Leonidovich – Post-graduate Student, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Егоров Андрей Витальевич – аспирант кафедры общей и теоретической физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Egorov, Andrey Vitalyevich – Post-graduate Student, Department of General and Theoretical Physics, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Ершов Михаил Аркадьевич – кандидат химических наук, заведующий кафедрой биологии и химии Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Ershov, Mikhail Arkadyevich – Candidate of Chemistry, Head of the Department of Biology and Chemistry, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Ершова Ирина Георгиевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Ershova, Irina Georgievna – Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Журавлев Андрей Федорович – кандидат технических наук, главный специалист Департамента управления производством ООО «Компания корпоративного управления «Концерн «Тракторные заводы», г. Чебоксары

Zhuravlev, Andrey Fedorovich – Candidate of Technical Sciences, Chief Specialist of the Department of Production Management, Company of Corporate Management «Consolidated Group «Traktornye Zavody», Cheboksary

Зайцев Георгий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры сервиса транспортных и технологических машин Волжского филиала Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ), г. Чебоксары

Zaytsev, Georgy Vladimirovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Service of Transport and Technological Machinery, The Volga Region Branch of Moscow Automobile and Road State Technical University, Cheboksary

Илларионов Илья Егорович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии конструкционных материалов и литейного производства Чебоксарского политехнического института (филиала) Московского государственного открытого университета им. В. С. Черномырдина, г. Чебоксары

Illarionov, Ilya Egorovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Technology of Constructional Materials and Foundry Industry, Cheboksary Polytechnic Institute (branch) of V. Chernomyrdin Moscow State Open University, Cheboksary

Индейкина Ольга Сергеевна – аспирант кафедры анатомии, физиологии и гигиены человека Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Indeykina, Olga Sergeevna – Post-graduate Student, Department of Anatomy, Physiology and Hygiene of the Human, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Карсаков Олег Геннадьевич – аспирант кафедры механизации животноводства, безопасности жизнедеятельности Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Karsakov, Oleg Gennadyevich – Post-graduate Student, Department of Mechanization of Animal Husbandry, Life Safety, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Карташов Дмитрий Юрьевич – соискатель кафедры эксплуатации сельскохозяйственной техники Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Kartashov, Dmitry Yuryevich – Applicant, Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Кириллов Николай Кириллович – доктор ветеринарных наук, профессор кафедры морфологии, физиологии и зоогигиены Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Kirillov, Nikholay Kirillovich – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Head of the Department of Morphology, Physiology and Veterinary Hygiene, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Ксенофонтов Сергей Иванович – кандидат физико-математических наук, профессор кафедры общей и теоретической физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Ksenofontov, Sergey Ivanovich – Candidate of Physics and Mathematics, Professor, Department of General and Theoretical Physics, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Ландышева Анастасия Юрьевна – аспирант кафедры биологии и методики преподавания Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Landysheva, Anastasia Yuryevna – Post-graduate Student, Department of Biology and Methods of Teaching, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Ларионов Геннадий Анатольевич – доктор биологических наук, профессор кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Larionov, Gennady Anatolyevich – Doctor of Biology, Professor, Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Леонова Тамила Шамилевна – ассистент кафедры биоэкологии Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань

Leonova, Tamila Shamilovna – Assistant, Department of Bioecology, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

Леонтьева Татьяна Юрьевна – аспирант кафедры алгебры и геометрии Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Leontyeva, Tatyana Yuryevna – Post-graduate Student, Department of Algebra and Geometry, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

*Лепаев Александр Николаеви*ч – аспирант кафедры общей и теоретической физики Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Lepaev, Aleksandr Nikolaevich – Post-graduate Student, Department of General and Theoretical Physics, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Лукина Дарья Владимировна – ассистент кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Lukina, Darya Vladimirovna – Assistant, Department of Electrical Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Лукина Оксана Владимировна – аспирант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Lukina, Oksana Vladimirovna – Post-graduate Student, Department of Electrical Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Максимов Евгений Геннадьевич – аспирант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Maksimov, Evgeny Gennadyevich – Post-graduate Student, Department of Electrical Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Максимов Иван Иванович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации сельскохозяйственной техники Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Maksimov, Ivan Ivanovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Митрасов Юрий Никитич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Mitrasov, Yury Nikitich – Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Митрофанова Ирина Валерьевна – аспирант кафедры химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Mitrofanova, Irina Valeryevna – Post-graduate Student, Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Митрофанова Татьяна Валерьевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Mitrofanova, Tatyana Valeryevna – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Computer Science and Computer Engineering, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Михайлова Ольга Валентиновна – доктор технических наук, доцент кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Mikhaylova, Olga Valentinovna – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Мударисов Рафик Габдуллович – ассистент кафедры теории и методики экологического и географического образования Казанского (Приволжского) федерального университета, г. Казань

Mudarisov, Rafik Gabdullovich – Assistant, Department Theory and Methods of Ecological and Geographical Education, Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan

Науменко Ольга Васильевна – аспирант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Naumenko, Olga Vasilyevna – Post-graduate Student, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Никитин Андрей Витальевич – аспирант кафедры математического анализа Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Nikitin, Andrey Vitalyevich – Post-graduate Student, Department of Mathematical Analysis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Новикова Галина Владимировна − доктор технических наук, профессор кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Novikova, Galina Vladimirovna – Doctor of Technical Sciences, Professor, Department Electrical Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Орлов Виктор Николаевич – доктор физико-математических наук, заведующий кафедрой алгебры и геометрии Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Orlov, Victor Nikolaevich – Doctor of Physics and Mathematics, Head of the Department of Algebra and Geometry, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Остряков Ростислав Геннадьевич – аспирант кафедры механизации животноводства, безопасности жизнедеятельности Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Ostryakov, Rostislav Gennadyevich – Post-graduate Student, Department of Mechanization of Animal Husbandry, Life Safety, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Павлова Татьяна Николаевна – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры информатики и вычислительной техники Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Pavlova, Tatyana Nikolaevna – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Computer Science and Computer Engineering, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Петров Александр Алексеевич – аспирант кафедры эксплуатации сельскохозяйственной техники Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Petrov, Aleksandr Alekseevich – Post-graduate Student, Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Попов Николай Иванович – кандидат физико-математических наук, доцент, декан физико-математического факультета Марийского государственного университета, г. Йошкар-Ола

Popov, Nikolay Ivanovich – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Dean the Faculty of Physics and Mathematics, Mari State University, Yoshkar-Ola

Поручиков Дмитрий Витальевич – аспирант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Poruchikov, Dmitry Vitalyevich – Post-graduate Student, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Рахчеева Мария Витальевна – научный сотрудник отдела экологии и физиологии животных Государственного биологического музея им. К. А. Тимирязева, г. Москва

Rakhcheeva, Maria Vitalyevna – Research Officer, Department of Animal Ecology and Physiology, K. Timiryazev State Biological Museum, Moscow

Родионова Анастасия Валерьевна – аспирант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Rodionova, Anastasia Valeryevna – Post-graduate Student, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Садикова Лариса Михайловна – аспирант кафедры химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Sadikova, Larisa Mikhaylovna – Post-graduate Student, Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Сергеева Елена Юрьевна – студентка биотехнологического факультета Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Sergeeva, Elena Yuryevna – Student, Biotechnological Faculty, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Сергеева Марина Анатольевна – аспирант кафедры технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Sergeeva, Marina Anatolyevna – Post-graduate Student, Department of Technology of Production and Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Скворцов Викентий Григорьевич – доктор химических наук, профессор кафедры химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Skvortsov, Vikenty Grigoryevich – Doctor of Chemistry, Professor, Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Смолина Ирина Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Smolina, Irina Nikolaevna – Candidate of Chemistry, Associate Professor, Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Сорокина Марина Геннадьевна – аспирант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Sorokina, Marina Gennadyevna – Post-graduate Student, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Стекольщиков Леонид Васильевич – кандидат медицинских наук, доцент кафедры управления и экономики здравоохранения Чувашского государственного университета имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Stekolchshikov, Leonid Vasilyevich – Candidate of Medicine, Associate Professor, Department of Management and Economics of Health Care, I. Ulyanov Chuvash State University, Cheboksary

Судакова Светлана Сергеевна – соискатель кафедры ботаники Ульяновского государственного педагогического университета имени И. Н. Ульянова, г. Ульяновск

Sudakova, Svetlana Sergeevna – Applicant, Department of Botany, I. Ulyanov State Pedagogical University, Ulyanovsk

Сякаев Игорь Владимирович – ассистент кафедры эксплуатации сельскохозяйственной техники Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Syakaev, Igor Vladimirovich – Assistant, Department of Exploitation of Agricultural Machinery, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Творогов Валерий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации животноводства, безопасности жизнедеятельности Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Tvorogov, Valery Aleksandrovich – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Mechanization of Animal Husbandry, Life Safety, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Творогова Екатерина Валерьевна – аспирант кафедры частной зоотехнии Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Tvorogova, Ekaterina Valeryevna – Post-graduate Student, Department of Private Zootechnics, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Тихонов Сергей Владимирович – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой математического анализа Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Tikhonov, Sergey Vladimirovich – Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Department of Mathematical Analysis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Уездный Николай Тимофеевич – соискатель кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Uezdny, Nicolay Timofeevich – Applicant, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Федорова Александра Николаевна – аспирант кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Fedorova, Aleksandra Nikolaevna – Post-graduate Student, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Шаронова Татьяна Вячеславовна – кандидат технических наук, доцент кафедры электрооборудования и механизации переработки сельскохозяйственной продукции Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары

Sharonova, Tatyana Vyacheslavovna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Electric Equipment and Mechanization of Processing of Agricultural Products, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary

Яшкильдина Светлана Петровна – аспирант кафедры химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Yashkildina, Svetlana Petrovna – Post-graduate Student, Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

«Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева» включен в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (решение Президиума ВАК Минобрнауки России от 19 февраля 2010 года № 6/6).

В издании предусматривается размещение статей по актуальным проблемам **естественных, технических и гуманитарных наук,** содержащих новые научные результаты, ранее не опубликованных и не представленных к публикации в других изданиях. Не публикуются крупные статьи, механически разделенные на ряд отдельных сообщений; статьи с описанием результатов незаконченных исследований без определенных выводов; работы описательного характера.

Ежегодно будут выходить 4 номера Вестника.

В одном номере возможно опубликование, как правило, не более 2 статей одного автора.

Публикация статей аспирантов осуществляется бесплатно.

Все представленные в редакцию статьи проходят обязательное рецензирование. На основании рецензирования редакционная коллегия принимает решение о включении статьи в тот или иной номер. Редколлегия не гарантирует публикацию всех представленных материалов, оставляет за собой право отклонять статьи, не соответствующие установленным требованиям. Авторам присланные материалы не возвращаются.

Статья должна иметь:

а) индекс универсальной десятичной классификации (УДК);

б) название работы на русском и английском языках (жирным шрифтом строчными буквами);

в) инициалы и фамилии авторов на русском и английском языках (жирным шрифтом строчными буквами) – количество соавторов в статье может быть не более 4;

г) полное название учреждения и города (курсивом), где выполнена работа;

д) четкую аннотацию на русском и английском языках (400–500 знаков) отдельными абзацами;

е) ключевые слова на русском и английском языках (не более 7);

ё) основной текст, включающий следующие подразделы:

- актуальность исследуемой проблемы;

- материал и методика исследований;
- результаты исследований и их обсуждение;
- резюме;
- литература.

В конце статьи должны быть указаны сведения об авторах на русском и английском языках: фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность (аспиранты, обучающиеся на бюджетной основе, представляют справку с места учебы); адрес с почтовым индексом, контактный телефон, e-mail; рабочий адрес и e-mail. Авторы должны собственноручно поставить подпись, которая означает их согласие на передачу прав на издание и распространение содержащейся в статье информации редакции Вестника. Этим автор также гарантирует, что статья оригинальная, ни содержание, ни рисунки к ней не были ранее опубликованы в других изданиях. Поступление статьи в редакцию означает полное согласие автора с правилами Вестника.

К статье должны быть приложены экспертное заключение о возможности опубликования ее в открытой печати из организации, представляющей статью к публикации, и рецензия.

В редакцию Вестника статьи направляются в двух форматах: в печатном и электронном (на компакт-диске) вариантах. Электронный вариант должен точно соответствовать печатному.

При оформлении статьи необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Объем статьи должен быть не менее 0,25 п.л. (4 стр.) и не более 0,5 п.л. (8 стр. компьютерного исполнения).
2. Статья должна быть напечатана на одной стороне листа формата А4 с полями: справа, слева и сверху 3 см, снизу 6 см.
3. Размер шрифта – 11. Абзацный отступ – 1 см (5 знаков). Интервал – одинарный. Текст статьи набирается в текстовом редакторе Microsoft Word в формате *.doc или *.rtf шрифтом Times New Roman с выравниванием по ширине и автоматическим переносом слов. При использовании дополнительных шрифтов они должны быть представлены в редакцию в авторской электронной папке.
4. Таблицы должны содержать только экспериментальные данные и представлять собой обобщенные и статистически обработанные материалы исследований. Каждая таблица должна иметь заголовок, быть обязательно пронумерована и упомянута в тексте. Кегль текста в таблицах – 9 пт.
5. Количество иллюстраций не должно превышать 4, данные рисунков не должны повторять материалы таблиц. Рисунки должны быть четкими, легко воспроизводимыми, быть обязательно пронумерованы, упомянуты в тексте и иметь подрисуночные подписи и объяснение значений всех условных обозначений. Полноцветные иллюстрации не допускаются. Кегль текста в схемах и подрисуночной подписи – 9 пт.
6. Формулы и буквенные обозначения по тексту должны быть набраны в среде редактора формул Microsoft Equation 3.0. Шрифт для греческих букв – Symbol, для всех остальных – Times New Roman, основной размер – 11, крупный индекс – 7, мелкий – 5. В математических и химических формулах следует избегать громоздких обозначений. Формулы располагаются по центру страницы, в случае необходимости нумеруются.

7. Сокращение слов, имен, названий, кроме общепринятых сокращений мер, физических и математических величин и терминов, допускается только с первоначальным указанием полного названия.

8. Цитируемая в статье литература (не более 15 источников) приводится в виде алфавитного списка по действующему ГОСТу (ГОСТ 7.1-2003) шрифтом 9. Не допускаются ссылки на тезисы конференций и на неопубликованные работы. Ссылки в тексте даются в квадратных скобках с указанием номера из списка литературы и страницы, откуда приводится цитата.

Материалы, не соответствующие указанным требованиям, не рассматриваются.

Адрес редакции: 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38, каб. 205а, редакция журнала «Вестник ЧГПУ им. И.Я. Яковлева»

Тел.: (8352) 62-08-71

Электронная почта: redak_vestnik@chgpu.edu.ru

Электронный адрес: http://vestnik.chgpu.edu.ru

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 547.241+547.512

Реакции бис(2,2-дихлорциклопропилметил)фосфита с основаниями Шиффа

Reactions of bis(2,2-dichlorocyclopropyl)phosphit with Shiff bases

Ю. Н. Митрасов, О. В. Кондратьева

Y. N. Mitrasov, O. V. Kondratyeva

ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева», г. Чебоксары

Аннотация. Установлено, что в присутствии основных катализаторов присоединяется по имино-группе без разрыва трехчленного карбоцикла**...**

Abstract. It has been established that bis(2,2-dichlorocyclopropyl)phosphit attaches to the imino-group basic catalisators without disruption of three-part carbocycle**…**

Ключевые слова: *бис(2,2-дихлорциклопропилметил)фосфит, основания Шиффа, аминофосфонат, гидрофосфорильные соединения*.

Keywords: *bis(2,2-dichlorocyclopropyl)phosphit, Shiff bases, aminophosphonate, hydrophosphoryl compounds.*

Актуальность исследуемой проблемы. Синтез, апробация и внедрение новых биогенных соединений является актуальной проблемой современной органической химии и биотехнологии. В этой связи целью нашей работы явилось**…**

Материал и методика исследований. В качестве ГФС был использован бис(2,2-дихлорцикло-пропилметил)фосфит (**1**), синтез которого был описан нами ранее в работе [5], а основания Шиффа (**2а-г**) получали в результате взаимодействия ароматических альдегидов с анилином**…**

Результаты исследований и их обсуждение. Нами установлено, что в результате взаимодействия фосфита (**1**) с иминами (**2а-г**) с хорошими выходами образуются бис(2,2-дихлорциклопропилметил)-α-N-фениламинобензилфосфонаты (**3а-в**)**…**

Резюме. Бис(2,2-дихлорциклопропилметил)фосфит присоединяется к основаниям Шиффа в присутствии основных катализаторов по C=N-связи с образованием бис(2,2-дихлорциклопропилметил)-α-N-фениламинобензилфосфонатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Зимин, М. Г.* Новые данные о реакциях присоединения гидрофосфорильных соединений по кратным связям / М. Г. Зимин, Р. А. Черкасов, А. Н. Пудовик // Журн. общ. химии. – 1986. – Т. 56. – Вып. 5. – С. 977–991.

2. *Нифантьев, Э. Е.* Химия гидрофосфорильных соединений / Э. Е. Нифантьев. – М. : Наука, 1983. – 262 с.

АВТОРЫ:

Митрасов Юрий Никитич – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

Кондратьева Оксана Викторовна – кандидат химических наук, старший преподаватель кафедры химии и биосинтеза Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары

AUTHORS:

Mitrasov, Yury Nikitich – Doctor of Chemistry, Professor, Head of the Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

Kondratyeva, Oksana Viktorovna – Candidate of Chemistry, Senior Lecturer, Department of Chemistry and Biosynthesis, I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University, Cheboksary

СОДЕРЖАНИЕ

Александрова Г. А.	Установка для термообработки сливочного масла ……..……	3
Андриянова Ю. А.	Проблемы предоставления качественных услуг в промышленной сфере ……..……	8
Арестова И. Ю., *Алексеев В. В.*	Влияние микроэлементных добавок в рационе на ростовые показатели молодняка свиней ..……..…….……	13
Арестова И. Ю., *Алексеев В. В.*	Повышение полноценности кормления молодняка свиней при использовании в рационах биопрепаратов ……...……..…	17
Бакшаева Н. В., *Митрофанова Т. В.,* *Павлова Т. Н.*	Технология проектирования социальных объектов для информационных систем регионального управления с использованием пространственных координат ……...	21
Белов А. А., *Зайцев Г. В.,* *Кириллов Н. К.*	Технология и техническое средство для микронизации зерна	27
Белова М. В., *Уездный Н. Т.*	Установка для термообработки крови убойных животных с использованием электромагнитных излучений ……..…..	31
Белова М. В., *Уездный Н. Т.,* *Ершова И. Г.*	Экономическая эффективность применения СВЧ-установки для термообработки субпродуктов …...……..	35
Васильев С. А., *Максимов И. И.,* *Алексеев Е. П.,* *Сякаев И. В.,* *Васильев А. А.,* *Петров А. А.,* *Алексеев В. В.*	Результаты экспериментальных исследований гидрофизических и эрозионных свойств почв на территории СХПК «Труд» Батыревского района Чувашской Республики ……	39
Ваткина М. А., *Григорьев А. А.*	Перспективы развития низковольтных коммутационных гибридных аппаратов нового поколения на основе принципа гибридной коммутации …….	46

Димитриев Д. А., Индейкина О. С., Димитриев А. Д.	Изменение функционирования кардиореспираторной системы при воздействии транспортного шума ……..…….	56
Дмитриев С. Ю.	Проектирование объектов автосервиса на федеральной автомобильной дороге М7 «Волга» по Чувашской Республике …..	60
Долгов Г. Л., Белов А. А., Шаронова Т. В.	Установка для обеззараживания комбикормов ……..…	66
Егоров А. В., Ксенофонтов С. И.	Двухфазные потоки продуктов сгорания пламени свечи …….	70
Ершов М. А., Скворцов В. Г.	Кристаллическая и молекулярная структура моногидрата [{1-гидроксиэтан-1,1-дифосфонато(2-)}] ди(диэтиламмония)	75
Ершова И. Г., Сорокина М. Г., Михайлова О. В.	Технология переработки жиросодержащего сырья ……..…	83
Илларионов И. Е., Журавлев А. Ф.	Перспективы применения металлофосфатных смесей в литейном производстве …..…..……..……..…	87
Карташов Д. Ю., Васильев С. А., Алексеев Е. П., Васильев А. А., Алексеев В. В.	Анализ траектории движения зубьев при создании экспериментального почвообрабатывающего рабочего органа .....….	91
Ландышева А. Ю.	Цитоархитектоника конечного мозга волнистого попугая и сизого голубя …….	95
Ларионов Г. А., Вязова Л. М., Дмитриева О. Н., Сергеева М. А.	Применение препаратов на растительной основе для лечения коров при субклиническом мастите .....…….…….……	99
Лепаев А. Н., Ксенофонтов С. И.	Методы анализа ансамбля микроскопических частиц в продуктах горения конденсированных систем …..…..……..…	103
Лукина О. В., Лукина Д. В.	Оценка качества теста, размороженного при помощи СВЧ-установки, и выпеченных хлебобулочных изделий ……..	111
Максимов Е. Г., Сергеева Е. Ю.	СВЧ-установка для вытопки пасечного воска ……	116
Митрасов Ю. Н., Авруйская А. А., Смолина И. Н.	Реакции α-фурилметанола с N-(ациламинофенил)малеинимидами	120

Митрасов Ю. Н., Садикова Л. М., Митрофанова И. В., Яшкильдина С. П.	Реакции N-функционализированных производных фурана с N-фенил-2,5-дигидропиррол-2,5-дионом ……	124
Мударисов Р. Г., Леонова Т. Ш.	Экология домового (*Passer Domesticus L.*, 1758) и полевого (*Passer Montanus L.*, 1758) воробьев садово-парковых территорий города Казани ……....	128
Науменко О. В.	СВЧ-индукционная установка с диафрагмированным волноводом ……..……..……..……	133
Никитин А. В., Тихонов С. В.	Влияние нелинейной неоднородности материала на упругопластическое состояние толстостенной трубы под воздействием внутреннего давления при трансляционной анизотропии	137
Никитин А. В., Тихонов С. В.	Упругопластическое состояние трансляционно-анизотропной линейно-неоднородной трубы, находящейся под действием внутреннего давления …….....	148
Орлов В. Н., Гузь М. П.	Точные критерии существования подвижных особых точек решения одного нелинейного обыкновенного дифференциального уравнения …….	156
Орлов В. Н., Леонтьева Т. Ю.	Построение приближенного решения одного нелинейного дифференциального уравнения второго порядка в области голоморфности ……...……	162
Попов Н. И.	О методических особенностях решения задач на составление уравнений ……..……..	168
Поручиков Д. В., Михайлова О. В.	Термообработка и посол кускового мясного сырья с использованием энергии электромагнитных излучений ……...	176
Рахчеева М. В.	Особенности половозрастной структуры стай длиннохвостых синиц (*Aegithalos caudatus*) на территории Чувашской Республики в послегнездовой период ……...	180
Родионова А. В., Новикова Г. В.	Обоснование режимов работы установки для обеззараживания молока ……..	186
Стекольщиков Л. В.	ВИЧ-инфекция в трудоспособном возрасте в Чувашской Республике …….....…….	190
Стекольщиков Л. В.	Распространенность туберкулеза среди населения трудоспособного возраста в Чувашской Республике ……	196
Судакова С. С.	Географическая приуроченность флоры транспортных путей Ульяновской области ....……..…….....	200

Творогов В. А., *Творогова Е. В.,* *Карсаков О. Г.*	Обоснование режимных параметров подогрева корма в устройстве для кормления поросят .....……	204
Творогова Е. В., *Остряков Р. Г.,* *Творогов В. А.*	Исследования по обоснованию конструктивно-технологической схемы и оптимизация параметров распределителя корма в установке для кормления поросят …….……...……	208
Уездный Н. Т., *Белова М. В.,* *Новикова Г. В.*	Обоснование параметров установки для термообработки крови убойных животных ……...	213
Федорова А. Н., *Новикова Г. В.*	Установка для термообработки колбасных изделий в поточном режиме ……...….	217
СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ ……..		222
ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ ……..		235

CONTENT

Aleksandrova G. A.	Heat treatment installation for butter ……..….....	3
Andriyanova Y. A.	Issues of providing high-quality services in the industrial sphere	8
Arestova I. Y., Alekseev V. V.	Influence of trace element additives on growth indices of young pigs ……..…....…….....……..…….	13
Arestova I. Y., Alekseev V. V.	Increase of full value feeding of young pigs using biopreparations	17
Bakshaeva N. V., Mitrofanova T. V., Pavlova T. N.	Social objects design technology applying spatial coordinates for regional administration information systems …….……..	21
Belov A. A., Zaytsev G. V., Kirillov N. K.	Technology and equipment for grain micronization …….....	27
Belova M. V., Uezdny N. T.	Heat treatment installation for blood of butcher's beasts when using electromagnetic radiations .....…….....	31
Belova M. V., Uezdny N. T., Ershova I. G.	Economic efficiency of application of superhigh-frequency heat treatment installation for by-products	35
Vasilyev. A., Maksimov I. I., Alekseev E. P., Syakaev I. V., Vasilyev A. A., Petrov A. A., Alekseev V. V.	Results of experimental research of hydro-physical and erosion properties of soils on the territory of agricultural society «Trud» of Batyrevsky district in the Chuvash Republic ….....……	39
Vatkina M. A., Grigoryev A. A.	Perspectives for development of new generation low voltage commutation hybrid switchgears based on hybrid commutation principle ..…….	46

Dimitriev D. A., Indeykina O. S., Dimitriev A. D.	Change in cardiorespiratory system functioning under traffic noise	56
Dmitriev S. Y.	Design of service stations in Federal Highway M7 «Volga» in the Chuvash Republic ……..……..……..	60
Dolgov G. L., Belov A. A., Sharonova T. V.	Installation for compound feed disinfection ……...……....	66
Egorov A. V., Ksenofontov S. I.	Two-phase flows of combustion products of candle flame …….…	70
Ershov M. A., Skvortsov V. G.	Crystal and molecular structure of monohydrate [{1-hydroxyethane-1.1-diphosphonate(2-)}] di(diethylammonium)	75
Ershova I. G., Sorokina M. G., Mikhaylova O. V.	Technology of fat-containing raw materials ……..…..	83
Illarionov I. E., Zhuravlev A. F.	Perspectives of application of metal phosphate compounds in foundry industry ……...	87
Kartashov D. Y., Vasilyev S. A., Alekseev E. P., Vasilyev A. A., Alekseev V. V.	Analysis of the trajectory of the teeth to create a pilot tillage working body ..……..……..……..	91
Landysheva A. Y.	Cytoarchitecture of telencephalon of budgerigar and blue rock pigeon ……..	95
Larionov G. A., Vyazova L. M., Dmitrieva O. N., Sergeeva M. A.	Use of plant-based preparations for treatment of cows with subclinical mastitis ..……	99
Lepaev A. N., Ksenofontov S. I.	Methods of analysis of microscopic particles complex in combustion products of condensed systems .....……	103
Lukina O. V., Lukina D. V.	Quality assessment of dough defrosted by microwave unit and of bakery proucts ……..……..…….	111
Maksimov E. G., Sergeeva E. Y.	Microwave installation for wax residue ……..….	116
Mitrasov Y. N., Avruyskaya A. A., Smolina I. N.	Reactions of α-furylmethanol with N-(acylaminophenyl)maleinimids	120

Mitrasov Y. N., Sadikova L. M., Mitrofanova I. V., Yashkildina S. P.	Reactions of N-functionalized furan derivatives with N-phenyl-2,5-dihydropyrrole-2,5-dion ……	124
Mudarisov P. Г., Leonova T. S.	Ecology of Passer Domesticus L., 1758, and Passer Montanus L., 1758, at landscape gardening of the city of Kazan …..……	128
Naumenko O. V.	Microwave induction unit diaphragmed waveguide ……	133
Nikitin A. V., Tikhonov S. V.	Nonlinear inhomogeneity of material when studying elastoplastic state of thick-walled pipe under internal pressure at translational anisotropy .....…….	137
Nikitin A. V., Tikhonov S. V.	Elastoplastic state of translational anisotropic linear inhomogeneous pipe under internal pressure ……..……	148
Orlov V. N., Guz M. P.	Exact criteria of existence of movable special points for solution of a nonlinear differential equation ……..…….....	156
Orlov V. N., Leontyeva T. Y.	Approximate solution for a nonlinear differential equation of the second order in the region of holomorphy …….....	162
Popov N. I.	On methodological peculiarities of solving problems on generation of equations ……...……...	168
Poruchikov D. V., Mihaylova O. V.	Heat treatment and salting of meat pieces by means of energy of electromagnetic radiation ……...……..	176
Rakhcheeva M. V.	Characteristics of age and sex structure of long-tailed tits (*Aegithalos caudatus)* flocks in post breeding period in the Chuvash Republic ……...……	180
Rodionova A. V., Novikova G. V.	Justification of operation modes for milk disinfection installation	186
Stekolschikov L. V.	HIV infection among able-bodied population in the Chuvash Republic ……..……...……..	190
Stekolschikov L. V.	Prevalence of tuberculosis among able-bodied population in the Chuvash Republic……...……	196
Sudakova S. S.	Distribution of flora of traffic roads in the Ulyanovsk region …….	200
Tvorogov V. A., Tvorogova E. V., Karsakov O. G.	Substantiation of parameters of heating fodder in the unit for feeding piglets …..……..	204
Tvorogova E. V., Ostryakov R. G., Tvorogov V. A.	Substantiation of structural and technological scheme and optimization of parameters of fodder dispenser for feeding pigs ……...	208

Uezdny N. T., *Belova M. V.,* *Novikova G. V.*	Justification of parameters of heat treatment unit for blood of butcher's beasts ……...……..……...	213
Fedorova A. N., *Novikova G. V.*	Heat treatment unit for sausages in flow-line production ……	217
INFORMATION ABOUT THE AUTHORS ……..…….**.....**		222
INFORMATION FOR THE AUTHORS ……..……..		235

ВЕСТНИК ЧУВАШСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ИМЕНИ И. Я. ЯКОВЛЕВА

2013. № 4 (80). Ч. 2

Редакторы Е. Н. Засецкова
Н. А. Осипова
А. А. Сосаева
Л. А. Судленкова
Л. Н. Улюкова

Компьютерная верстка, макет А. П. Кошкиной

Подписано в печать 29.11.2013. Формат 70x100/8. Бумага писчая.
Печать оперативная. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 30,8. Тираж 300 экз. Заказ № 1569.

Отпечатано в отделе полиграфии
ФГБОУ ВПО «Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева»

428000, Чебоксары, ул. К. Маркса, 38